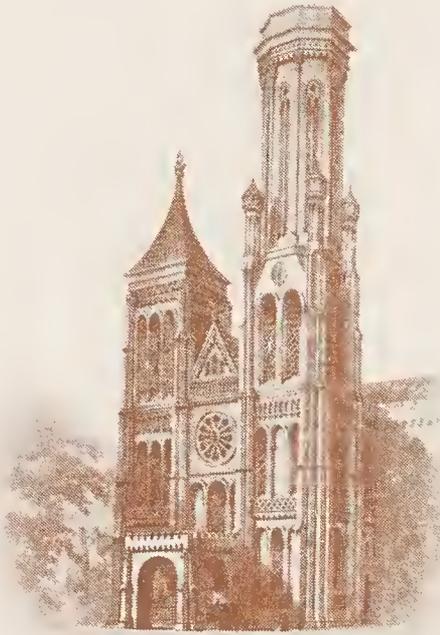


Smithsonian Institution Libraries

545. Huygens, Chr
arrive dans la re
refraction du cr
la pesante
plates repr. the

First edition o
de la pesante
Professor Zee
The immortal
lumière", wh
was the foun



de ce qui luy
ans l'etrange
cause de
ed 5 folding

s de la cause

en in 1930:
,Traité de la
t and which

In memory of
Ladislaus L.
and
Claire K. Marton

TRAITE
DE LA LVMIERE.

Où sont expliquées

Les causes de ce qui luy arrive

Dans la REFLEXION, & dans la
REFRACTION.

Et particulièrement

Dans l'etrange REFRACTION

DV CRISTAL D'ISLANDE.

Par C. H. D. Z. *huygens*

Avec un Discours de la Cause

DE LA PESANTEVR.



A L E I D E,

Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.

M D C X C.

03
78
690
8
MAH



P R E F A C E.

J'escrivis ce Traité pendant mon séjour en France, il y a 12 ans; & je le communiquay en l'année 1678 aux personnes sçavantes, qui compo-
soient alors l'Academie Royale des Sciences, à la quelle le Roy m'avoit fait l'honneur de m'appeller. Plusieurs de ce corps, qui sont encore en vie, pourront se souvenir d'avoir este presents quand j'en fis la lecture, & mieux que les autres, ceux d'entre eux qui s'appliquoient particulièrement à l'étude des Mathematiques; des quels je ne puis plus citer que les Celebres Messieurs, Cassini, Romer, & De la Hire. Et quoyque du depuis j'y aye corrigé & changé plusieurs endroits; les copies que j'en fis faire dès ce temps là, pourroient servir de preuve, que je n'y ay pourtant rien adjouté, si ce n'est des conjectures touchant la formation du Cristal d'Islande, & une nouvelle remarque sur la refraction du Cristal de Roche. J'ay voulu rapporter ces particularitez pour faire connoitre depuis quand j'ay medité les choses

P R E F A C E.

les que je publie maintenant, & non pas pour déroger au mérite de ceux, qui, sans avoir rien vu de ce que j'avois écrit, peuvent s'estre rencontrés à traiter des matières semblables : comme il est arrivé effectivement à deux Excellents Geometres, Messieurs Newton & Leibnits, à l'égard du Probleme de la figure des verres pour assembler les rayons, lors qu'une des surfaces est donnée.

On pourra demander pourquoi j'ay tant tardé à mettre au jour cet Ouvrage. La raison est que je l'avois écrit assez negligemment en la Langue où on le voit, avec intention de le traduire en Latin, faisant ainsi pour avoir plus d'attention aux choses. Apres quoy je me proposois de le donner ensemble avec un autre Traité de Dioptrique, ou j'explique les effets des Telescopes, & ce qui appartient de plus à cette Science. Mais le plaisir de la nouveauté ayant cessé, j'ay differé de temps à autre d'exécuter ce dessein, & je ne sçay pas quand j'aurois encore pû en venir à bout, estant souvent diverti, ou par des affaires, ou par quelque nouvelle étude. Ce que considérant; j'ay en fin jugé qu'il valoit mieux de faire paroître cet écrit tel qu'il est, que de le laisser courir risqué, en attendant plus long temps, de demeurer perdu.

On y verra de ces fortes de démonstrations, qui
ne

P R E F A C E.

ne produisent pas une certitude aussi grande que celles de Geometrie, & qui mesme en different beaucoup, puisque au lieu que les Geometres prouvent leurs Propositions par des Principes certains & incontestables, icy les Principes se verifient par les conclusions qu'on en tire; la nature de ces choses ne souffrant pas que cela se fasse autrement. Il est possible toutefois d'y arriver à un degré de vraisemblance, qui bien souvent ne cede guere à une évidence entiere. Sçavoir lors que les choses, qu'on a démontrées par ces Principes supposez, se rapportent parfaitement aux phenomenes que l'experience a fait remarquer; sur tout quand il y en a grand nombre, & encore principalement quand on se forme & prevoit des phenomenes nouveaux, qui doivent suivre des hypotheses qu'on employe, & qu'on trouve qu'en cela l'effet repond à nostre attente. Que si toutes ces preuves de la vraisemblance se rencontrent dans ce que je me suis proposé de traiter, comme il me semble qu'elles font, ce doit estre une bien grande confirmation du succès de ma recherche, & il se peut malaisement que les choses ne soient à peu pres comme je les represente. Je veux donc croire que ceux qui aiment à connoitre les Causes, & qui sçavent admirer la merveille de la Lumiere, trouveront quelque satisfaction dans ces diverses speculations qui

P R E F A C E.

la regardent , & dans la nouvelle explication de son insigne propriété, qui fait le principal fondement de la construction de nos yeux, & de ces grandes inventions qui en étendent si fort l'usage. J'espere aussi qu'il y en aura, qui en suivant ces commencements, pénétreront plus avant toute cette matiere que je n'ay sçû faire, puisqu'il s'en faut beaucoup qu'elle ne soit épuisée. Cela paroît par les endroits que j'ay marquez, où je laisse des difficultez sans les résoudre ; & encore plus par les choses que je n'ay point touchées du tout, comme sont les Corps Luifants de plusieurs sortes, & tout ce qui regarde les Couleurs ; en quoy personne jusqu'icy ne peut se vanter d'avoir réussi. Enfin il reste bien plus à chercher touchant la nature de la Lumiere , que je ne pretens d'en avoir découvert , & je devray beaucoup de retour à celuy qui pourra suppléer à ce qui me manque icy de connoissance. A la Haye. Le 8 Jan. 1690.

T A B L E D E S M A T I E R E S

Contenues dans ce Traité.

CHAP. I. Des rayons directement étendus.

- Que la Lumiere est produite par certain mouvement. *Pag. 2.*
- Qu'elle ne passe point de corps depuis l'objet lumineux jusqu'à nos yeux. *p. 3.*
- Que la Lumiere s'étend spheriquement, & à peu pres comme le Son. *p. 4.*
- Si la Lumiere emploie du temps à s'étendre. *p. 4.*
- Experience qui semble prouver qu'elle passe dans un instant. *p. 5.*
- Experience qui prouve qu'elle emploie du temps. *p. 7.*
- De combien sa vitesse est plus grande que celle du Son. *p. 9.*
- En quoy l'emanation de la Lumiere differe de celle du Son. *p. 9.*
- Que ce n'est pas le mesme milieu qui sert à l'un & à l'autre. *p. 10.*
- Comment s'étend de Son. *p. 11.*
- Comment s'étend la Lumiere. *p. 12.*
- Remarque particuliere sur l'extension de la Lumiere. *p. 17.*
- Pourquoy les Rayons ne s'étendent qu'en ligne droite. *p. 19.*
- Comment la Lumiere, venant de divers endroits, se traverse sans empêchement. *p. 20.*

CHAP. II. De la Reflexion.

- Demonstration de l'Egalité des angles d'incidence & de reflexion. *p. 21.*
- Pourquoy le rayon incident & reflechi sont dans un mesme plan, perpendiculaire à la surface reflechissante. *p. 24.*
- Qu'il n'est pas necessaire que la surface reflechissante soit parfaitement unie, pour faire l'egalité des angles d'incidence & de reflexion. *p. 25.*

CHAP. III. De la Refraction.

- Que les corps pourroient estre transparents sans qu'aucune matiere passast à

- travers. *p. 27.*
- Preuve de ce que la matiere etherée passe à travers les corps diaphanes. *p. 28.*
- Comment cette matiere qui y passe les rend diaphanes. *p. 29.*
- Que les corps les plus solides en apparence sont d'un tissu fort rare. *p. 29.*
- Que la Lumiere s'étend plus lentement au dedans de l'eau, & du verre, que dans l'air. *p. 30.*
- Troisieme hypothese pour expliquer la transparence, & le ralentissement qu'y souffre la Lumiere. *p. 30.*
- De ce qui peut rendre les corps opaques. *p. 31.*
- Demonstration pourquoy la Refraction observe la proportion connue des Sinus. *p. 33.*
- Pourquoy le Rayon incident, & le rompu, se produisent reciproquement. *p. 36.*
- Pourquoy la Reflexion, au dedans d'un Prisme de verre triangulaire, se renforce subitement, depuis que la Lumiere ne peut plus le percer. *p. 38.*
- Que les corps qui causent plus grande refraction, font aussi la reflexion plus forte. *p. 39.*
- Demonstration d'un Theoreme de Mr. de Fermat. *p. 40.*

CHAP. IV. De la Refraction de l'Air.

- Que les emanations de la Lumiere dans l'air ne sont pas spheriques. *p. 43.*
- Comment par là quelques objets paroissent plus elevez qu'ils ne sont. *p. 44.*
- Comment le Soleil peut paroître sur l'Horizon, devant qu'il soit levé. *p. 45.*
- Que les rayons de la Lumiere deviennent courbes dans l'Air de l'Atmosphere, & quels effets cela produit. *p. 46.*

CHAP.

TABLE DES MATIERES, &c.

CHAP. V. De l'Etrange Refraction du Cristal d'Islande.

Que ce Cristal croit aussi en d'autres païs. p. 49.

Qui en a escrit le premier. p. 49.

Description du Cristal d'Islande; sa matiere, figure, & proprietez. p. 49.

Qu'il a deux refractions differentes. p. 51.

Que le rayon perpendiculaire à la surface y souffre refraction, & que des rayons inclinez à la surface passent sans refraction. p. 51.

Observation des refractions de ce Cristal. p. 52.

Qu'il a une refraction Reguliere & une Irreguliere. p. 54.

La maniere de mesurer les deux refractions du Cristal d'Islande. p. 54.

Proprietez remarquable de la refraction Irreguliere. p. 57.

Hypothese pour expliquer la double refraction. p. 58.

Que le Cristal de Roche a aussi une double Refraction. p. 59.

Hypothese des emanations de la Lumiere, au dedans du Cristal d'Islande de forme spheröide, pour la refraction Irreguliere. p. 60.

Comment un rayon perpendiculaire peut souffrir refraction. p. 60.

Comment la position & la forme des emanations spheröides dans ce Cristal peut estre definie. p. 62. & 63.

Explication de la refraction Irreguliere par ces emanations spheröides. p. 63.

Maniere aisée pour trouver la refraction Irreguliere de chaque rayon incident. p. 66.

Demonstration du rayon oblique, qui passe le Cristal sans estre rompu. p. 69.

Autres irregularitez de refraction expliquées. p. 74.

Qu'un objet posé sous le Cristal paroît double, dans deux images de differente hauteur. p. 77.

Pourquoy les hauteurs apparentes de l'une de ces images changent en changeant la situation des yeux au dessus du Cristal. p. 78 & suivantes.

Des Coupes differentes de ce Cristal, qui produisent encore d'autres refractions, & confirment toute cette Theorie. p. 85.

Maniere particuliere d'en polir les surfaces, apres qu'il a esté coupé. p. 88.

Phenomene surprenant touchant les rayons qui passent par deux morceaux separez, du quel la cause n'est point expliquée. p. 89.

Conjecture vraisemblable sur la composition interieure du Cristal d'Islande, & de quelle figure sont ses particules. p. 91.

Preuves pour confirmer cette conjecture. p. 94.

Calculs qui ont esté supposez dans ce Chapitre. p. 96.

CHAP. VI. Des Figures des corps diaphanes qui servent à la Refraction & à la Reflexion.

Regle generale & aisée pour trouver ces Figures. p. 102.

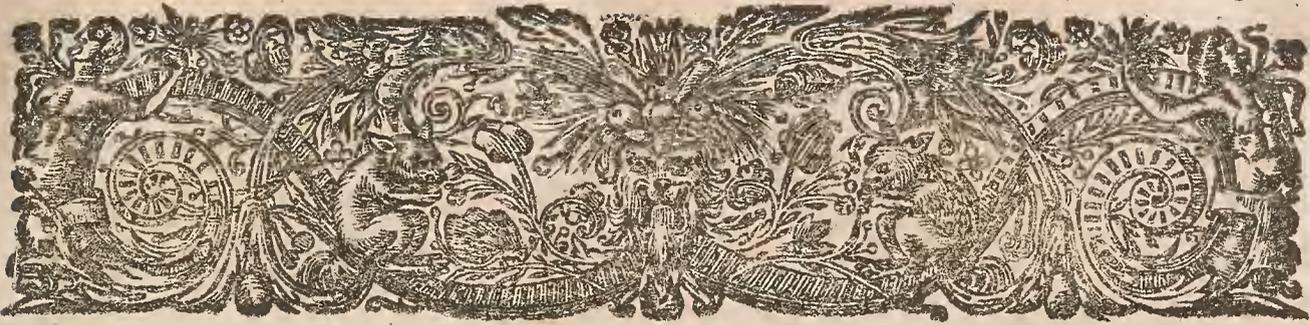
Invention des Ovales de Mr. des Cartes pour la Dioptrique. p. 103.

Comment il a pü trouver ces Lignes. p. 110.

Maniere de trouver la surface d'un verre pour la refraction parfaite, lors que l'autre surface est donnée. p. 113.

Remarque sur ce qui arrive aux rayons dans la refraction d'une surface spherique. p. 118.

Remarque sur la ligne courbe qui se forme dans la reflexion d'un miroir concave spherique. p. 123.



T R A I T E'
 DE LA LUMIERE.
 C H A P. I.

DES RAYONS DIRECTEMENT ETENDUS.

LEs demonstrations qui concernent l'Optique, ainsi qu'il arrive dans toutes les sciences où la Geometrie est appliquée à la matiere, sont fondées sur des veritez tirées de l'experience; telles que sont que les rayons de lumiere s'etendent en droite ligne; que les angles de reflexion & d'incidence sont egaux: & que dans les refractions le rayon est rompu suivant la regle des Sinus, deormais si connue, & qui n'est pas moins certaine que les precedentes:

La pluspart de ceux qui ont écrit touchant les differentes parties de l'Optique se sont contentés de presupposer ces veritez. Mais quelques uns plus curieux en ont voulu rechercher l'origine, & les causes, les considerant elles mesmes comme des effets admirables de la Nature. En quoy ayant avancé des choses ingenieuses, mais non pas telles pourtant que les plus intelligens ne souhassent des explications qui leur satisfassent d'avantage; je veux proposer icy ce que j'ay medité sur ce sujet, pour contribuer autant que je puis à l'éclaircissement de cette partie de la Science naturelle, qui non sans raison en est reputée une des plus difficiles. Je reconnois estre beaucoup redevable à ceux qui ont commencé les premiers à dissiper l'obscurité estrange ou ces

choses estoient enveloppées, & à donner esperance qu'elles se pouvoient expliquer par des raisons intelligibles. Mais je m'étonne aussi d'un autre costé comment ceux là mesme, bien souvent ont voulu faire passer des raisonnements peu evidents, comme tres certains & demonstratifs : ne trouvant pas que personne ait encore expliqué probablement ces premiers, & notables phenomenes de la lumiere, sçavoir pourquoy elle ne s'étend que suivant des lignes droites, & comment les rayons visuels, venant d'une infinité de divers endroits, se croisent sans s'empêcher en rien les uns les autres.

J'essaieray donc dans ce livre, par des principes receus dans la Philosophie d'aujourd'huy, de donner des raisons plus claires & plus vraisemblables, premierement de ces propriétés de la lumiere directement estenduë; secondement de celle qui se reflechit par la rencontre d'autres corps. Puis j'expliqueray les symptomes des rayons qui sont dits souffrir refraction en passant par des corps diaphanes de differente espece: où je traiteray aussi des effets de la refraction de l'air par les differentes densitez de l'Atmosphere.

Ensuite j'examineray les causes de l'étrange refraction de certain Cristal qu'on apporte d'Islande. Et en dernier lieu je traiteray des differentes figures des corps transparents, & reflechissants, par lesquelles les rayons sont assemblez en un point, ou detournez en differentes manieres. Où l'on verra avec quelle facilité se trouvent, suivant nostre Theorie nouvelle, non seulement les Ellipses, Hyperboles, & autres lignes courbes que Mr. Des Cartes a subtilement inventées pour cet effet; mais encore celles qui doivent former la surface d'un verre, lorsque l'autre surface est donnée, spherique, platte, ou de quelque figure que ce puisse estre.

L'on ne sçauroit douter que la lumiere ne consiste dans le mouvement de certaine matiere. Car soit qu'on regarde la pro-
du-

duction, on trouve qu'icy sur la Terre c'est principalement le feu & la flamme qui l'engendrent, lesquels contiennent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puis qu'ils dissolvent & fondent plusieurs autres corps des plus solides: soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumiere est ramassée, comme par des miroirs concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est-à-dire qu'elle defunit les parties des corps; ce qui marque assurément du mouvement, au moins dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mechanique. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à toute esperance de jamais rien comprendre dans la Physique.

Et comme, suivant cette Philosophie, l'on tient pour certain que la sensation de la veüe n'est excitée que par l'impression de quelque mouvement d'une matiere qui agit sur les nerfs au fond de nos yeux, c'est encore une raison de croire que la lumiere consiste dans un mouvement de la matiere qui se trouve entre nous & le corps lumineux.

De plus quand on considère l'extreme vitesse dont la lumiere s'étend de toutes parts, & que quand il en vient de differents endroits, mesme de tout opposez, elles se traversent l'une l'autre sans s'empescher; on comprend bien que quand nous voyons un objet lumineux, ce ne scauroit estre par le transport d'une matiere, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous, ainsi qu'une bale ou une fleche traverse l'air: car assurément cela repugne trop à ces deux qualités de la lumiere, & sur tout à la derniere. C'est donc d'une autre maniere qu'elle s'étend, & ce qui nous peut conduire à la comprendre c'est la connoissance que nous avons de l'extension du Son dans l'air.

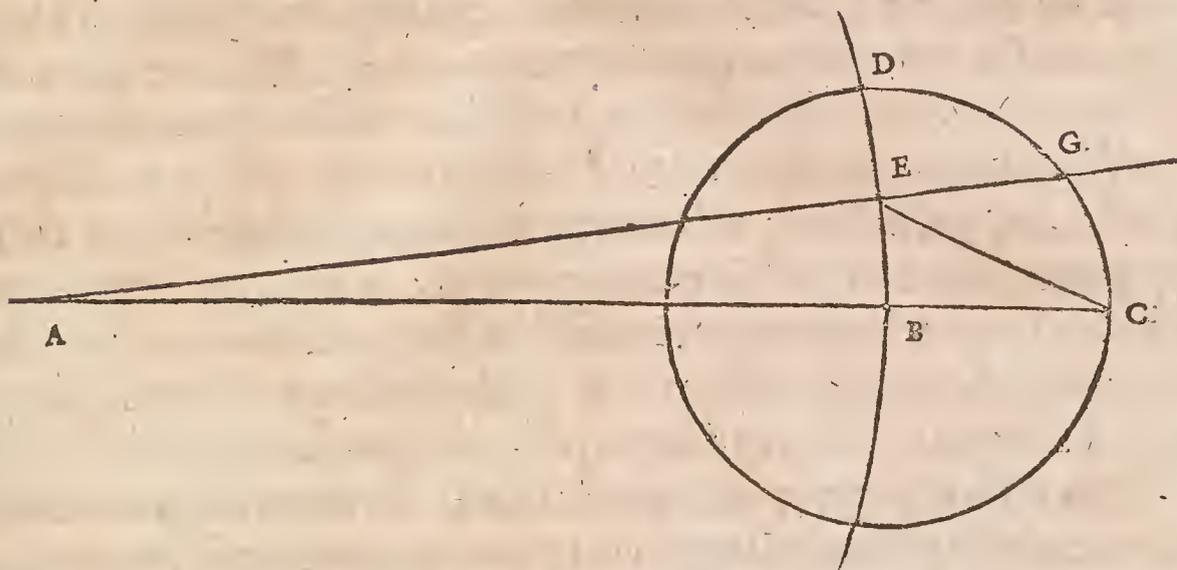
Nous sçavons que par le moyen de l'air, qui est un corps invisible & impalpable, le Son s'étend tout à l'entour du lieu où il a esté produit, par un mouvement qui passe successivement

d'une partie de l'air à l'autre, & que l'extension de ce mouvement se faisant également viste de tous costez, il se doit former comme des surfaces spheriques, qui s'elargissent tousjours, & qui viennent frapper nostre oreille. Or il n'y a point de doute que la lumiere ne parvienne aussi depuis le corps lumineux jusqu'à nous par quelque mouvement imprimé à la matiere qui est entre deux : puisque nous avons deja veu que ce ne peut pas estre par le transport d'un corps qui passeroit de l'un à l'autre. Que si avec cela la lumiere employe du temps à son passage; ce que nous allons examiner maintenant; il s'enfuivra que ce mouvement imprimé à la matiere est successif, & que par consequent il s'etend, ainsi que celui du Son, par des surfaces & des ondes spheriques: car je les appelle ondes à la ressemblance de celles que l'on voit se former dans l'eau quand on y jette une pierre, qui representent une telle extension successive en rond, quoyque provenant d'une autre cause, & seulement dans une surface plane.

Pour voir donc si l'extension de la lumiere se fait avec le temps, considerons premierement s'il y a des experiences qui nous puissent convaincre du contraire. Quant à celles que l'on peut faire icy sur la Terre, avec des feux mis à de grandes distances, quoyqu'elles prouvent que la lumiere n'employe point de temps sensible à passer ces distances, on peut dire avec raison qu'elles sont trop petites, & qu'on n'en peut conclurre sinon que le passage de la lumiere est extremement viste. M. Des Cartes qui estoit d'opinion qu'il est instantanée, se fondoit, non sans raison, sur une bien meilleure experience tirée des Eclipses de Lune: laquelle pourtant, comme je feray voir, n'est point convaincante. Je la proposeray un peu autrement que luy, pour en faire mieux comprendre toute la consequence.

Soit A le lieu du soleil, B D une partie de l'orbite ou chemin

min annuel de la Terre. ABC une ligne droite, que je sup-



pose rencontrer le chemin de la Lune, représenté par le cercle CD , en C .

Or si la lumière demande du temps, par exemple une heure, pour traverser l'espace qui est entre la Terre & la Lune; il s'en suivra que la Terre estant parvenue en B , l'ombre qu'elle cause, ou l'interruption de la lumière, ne fera pas encore parvenue au point C , mais qu'elle n'y arrivera qu'une heure après. Ce sera donc une heure après, à compter depuis que la Terre a esté en B , que la Lune arrivant en C , y fera obscurcie: mais cette obscuriation ou interruption de lumière ne parviendra à la Terre que dans une autre heure. Posons que dans ces deux heures elle soit parvenue en E . La terre donc estant en E , verra la Lune Eclipsée en C , dont elle est partie une heure auparavant, & verra en mesme temps le soleil en A . Car estant immobile, comme je le suppose avec Copernic, & la lumière s'estendant par des lignes droites, il doit tousjours paroître où il est. Mais on a tousjours observé, disent-ils, que la Lune eclipsée paroît au lieu de l'Ecliptique opposé au Soleil; & cependant icy elle paroîtroit en arriere de ce lieu, de l'angle GEC , complement de AEC à deux angles droits. Donc cela est contraire à

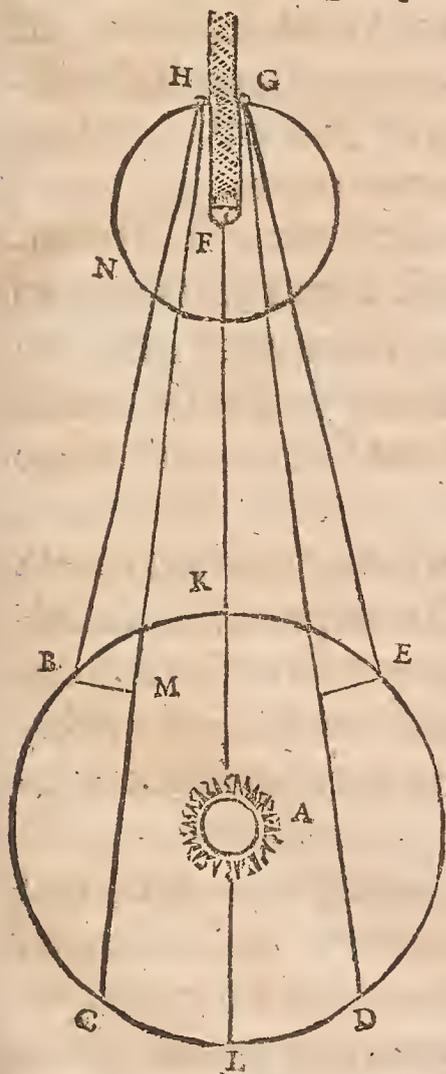
l'experience, puisque l'angle $G E C$ seroit fort sensible, & environ de 33 degrez. Car selon nostre supputation, qui est au Traité des causes des phenomenes de Saturne, la distance $B A$ entre la Terre & le Soleil est environ de douze mille diametres terrestres, & partant quatre cens fois plus grande que $B C$ distance de la Lune, qui est de 30 diametres. Donc, l'angle $E C B$ sera à peu près quatre cens fois plus grand que $B A E$, qui est de cinq minutes; sçavoir le chemin que fait la Terre en deux heures dans son orbite; & ainsi l'angle $B C E$ presque de 33 degrez; & de mesme l'angle $C E G$, qui le surpasse de cinq minutes.

Mais il faut noter que la vitesse de la lumiere dans ce raisonnement a esté posée telle qu'il luy faut une heure de temps pour faire le chemin d'icy à la Lune. Que si l'on suppose qu'il ne faut pour cela qu'une minute de temps, alors il est manifeste que l'angle $C E G$ ne sera que de 33 minutes, & s'il ne faut que dix secondes de temps, cet angle ne sera pas de six minutes. Et alors il n'est pas aisé de s'en apercevoir dans les observations d'Eclipse, ni par consequent permis d'en rien conclure pour le mouvement instantané de la lumiere.

Il est vray que c'est supposer une estrange vitesse qui seroit cent mille fois plus grande que celle du Son. Car le Son, selon ce que j'ay observé, fait environ 180 Toises dans le temps d'une Seconde ou d'un battement d'artere. Mais cette supposition ne doit pas sembler avoir rien d'impossible; parce qu'il ne s'agit point du transport d'un corps avec tant de vitesse, mais d'un mouvement successif qui passe des uns aux autres. Je n'ay donc pas fait difficulté, en meditant ces choses, de supposer que l'emanation de la lumiere se faisoit avec le temps, voyant que par là tous les phenomenes se pouvoient expliquer, & qu'en suivant l'opinion contraire tout estoit incomprehensible. Car il m'a toujours semblé, & à beaucoup d'autres avec moy, que mesme M^r. Des Cartes, qui a eu pour but de traiter intelligiblement :

ment de tous les fujets de Physique, & qui assurément y a beaucoup mieux reussi que personne devant luy, n'a rien dit qui ne soit plein de difficultez, ou mesme inconcevable, en ce qui est de la Lumiere & de ses proprietéz.

Mais ce que je n'employois que comme une hypothese, a receu depuis peu grande apparence d'une verité constante, par l'ingenieuse demonstration de M^r. Romer que je vay rapporter icy, en attendant qu'il donne luy mesme tout ce qui doit servir à la confirmer. Elle est fondée de mesme que la precedente sur des observations celestes, & prouve non seulement que la lumiere employe du temps à son passage, mais aussi fait voir combien elle employe de temps, & que sa vitesse est encore pour le moins six fois plus grande que celle que je viens de dire.



Il se sert pour cela des Eclipses que souffrent les petites Planetes qui tournent autour de Jupiter, & qui entrent souvent dans son ombre; & voicy quel est son raisonnement. Soit A le soleil, B C D E l'orbe annuel de la Terre, F Jupiter, G N l'orbite du plus proche de ses Satellites, car c'est cetuy cy qui est plus propre à cette recherche qu'aucun des trois autres, à cause de la vitesse de sa revolution. Que G soit ce Satellite entrant dans l'ombre de Jupiter, H le mesme sortant de l'ombre.

Supposé donc que la Terre estant en B, quelque temps devant la derniere quadrature, l'on ait veu sortir ledit Satellite de l'ombre; il faudroit, si la Terre demeueroit en ce mesme lieu, qu'après 42 heures & demie

demie l'on vift encore une pareille emerfion ; par ce que c'est le temps dans lequel il fait le tour de fon orbite , & qu'il revient à l'oppositon du Soleil. Et si la Terre demeuroit toujours en *B* pendant 30 revolutions, par exemple , de ce Satellite , elle le verroit encore fortir de l'ombre apres 30 fois 42 heures & demie. Mais la Terre s'estant transportée pendant ce temps en *C* , en s'éloignant d'avantage de Jupiter , il fenfuit que si la lumiere employe du temps à son passage , l'illumination de la petite planete sera aperceüe plus tard en *C* qu'elle ne l'auroit esté en *B* , & qu'il faut ajouter, à ce temps de 30 fois 42 heures & demie , encore celuy qu'emploie la lumiere à passer l'espace *MC* , difference des espaces *CH* , *BH*. De mesme vers l'autre quadrature quand la Terre depuis *D* est venue en *E*, en s'approchant de Jupiter, les immerfions du Satellite *G* dans l'ombre doivent s'observer auparavant en *E* , qu'elles n'auroient paru si la Terre estoit demeurée en *D*.

Or par quantité d'observations de ces Eclipses , faites pendant dix ans consecutifs , ces differences se sont trouvées tres considerables , comme de dix minutes , & d'avantage , & l'on en a conclu que pour traverser tout le diametre de l'orbe annuel *KL*, qui est le double de la distance d'icy au soleil , la lumiere a besoin d'environ 22 minutes de temps.

Le mouvement de Jupiter dans son orbite , pendant que la Terre passe de *B* en *C* , ou de *D* en *E* , est compris dans ce calcul ; & l'on fait voir qu'on ne peut point attribuer le retardement de ces illuminations , ni l'anticipation des Eclipses à l'irregularité qui se trouve au mouvement de cette petite planete , ni à son excentricité.

Que si l'on considere la vaste étendue du diametre *KL* , qui selon moy est de quelques 24 mille diametres de la Terre , l'on connoitra l'extreme vitesse de la lumiere. Car supposé que *KL* ne soit que de 22 mille de ces diametres , il paroît qu'estants

stans passez en 22 minutes, cela fait mille diametres en une minute, & $16\frac{2}{3}$ diametres dans une seconde ou battement d'artere, qui font plus de onze cent fois cent mille toises ; puisque le diametre de la Terre contient 2865 lieues de 25 au degré, & que chaque lieue est de 2282 Toises, suivant la mesure exacte que M^r. Picard a prise par ordre du Roy en 1669. Mais le Son, comme j'ay dit cy-devant, ne fait que 180 toises dans le mesme temps d'une seconde: donc la vitesse de la lumiere est plus de six cens mille fois plus grande que celle du Son: ce qui pourtant est toute autre chose que d'estre momentanée, puis qu'il y a la mesme difference que d'une chose finie à une infinie. Or le mouvement successif de la lumiere estant confirmé de cette maniere, il s'en suit, comme j'ay deja dit, qu'il s'etend par des ondes spheriques, ainsi que le mouvement du Son.

Mais si l'un & l'autre se ressemblent en cela, ils different en plusieurs autres choses; sçavoir en la premiere production du mouvement qui les cause; en la matiere dans laquelle se mouvement s'etend; & en la maniere dont il se communique. Car pour ce qui est de la production du Son, on sçait que c'est par l'ébranlement subit d'un corps entier, ou d'une partie considerable, qui agite tout l'air contigu. Mais le mouvement de la lumiere doit naitre comme de chaque point de l'objet lumineux, pour pouvoir faire apercevoir toutes les parties differentes de cet objet, comme il se verra mieux dans la suite. Et je ne crois pas que ce mouvement se puisse mieux expliquer, qu'en supposant ceux d'entre les corps lumineux qui sont liquides, comme la flame, & apparemment le soleil, & les étoiles, composez de particules qui nagent dans une matiere beaucoup plus subtile, qui les agite avec une grande rapidité, & les fait frapper contre les particules de l'ether, qui les environnent, & qui sont beaucoup moindres qu'elles. Mais que dans les lumineux solides comme du charbon, ou du metal rougi au feu, ce mesme

mouvement est causé par l'ébranlement violent des particules du métal ou du bois, dont celles qui sont à la surface frappent de mesme la matiere etherée. L'agitation au reste des particules qui engendrent la lumiere doit estre bien plus prompte, & plus rapide que n'est celle des corps qui cause le son, puisque nous ne voyons pas que le fremissement d'un corps qui sonne est capable de faire naitre de la lumiere, de mesme que le mouvement de la main dans l'air n'est pas capable de produire du Son.

Maintenant si l'on examine quelle peut estre cette matiere dans laquelle s'etend le mouvement qui vient des corps lumineux, laquelle j'appelle Etherée, on verra que ce n'est pas la mesme qui sert à la propagation du Son. Car on trouve que celle-cy est proprement cet air que nous sentons, & que nous respirons, lequel estant osté d'un lieu, l'autre matiere qui sert à la lumiere ne laisse pas de s'y trouver. Ce qui se prouve en enfermant un corps sonnante dans un vaisseau de verre, dont on tire en suite l'air par la machine que M^r. Boyle nous à donnée, & avec laquelle il à fait tant de belles experiences. Mais en faisant celle dont je parle, il faut avoir soin de placer le corps sonnante sur du cotton, ou sur des plumes, en sorte qu'il ne puisse pas communiquer ses tremblement au vaisseau de verre qui l'enferme, ni à la machine, ce qui avoit jusqu'icy esté negligé. Car alors après avoir vuidé tout l'air, l'on n'entend aucunement le Son du métal quoique frappé.

On void d'icy non seulement que nostre air, qui ne penetre point le verre, est la matiere par laquelle s'etend le Son; mais aussi que ce n'est point ce mesme air, mais une autre matiere dans laquelle s'etend la lumiere; puisque l'air estant osté de ce vaisseau, la lumiere ne laisse pas de le traverser comme auparavant.

Et ce dernier point se demonstre encore plus clairement par la

la celebre experience de Torricelli ; où le tuyau de verre , d'où le vif argent s'est retiré , restant tout vuide d'air , transmet la lumiere de mesme que quand il y a de l'air : car cela prouve qu'une matiere differente de l'air se trouve dans ce tuyau , & que cette matiere doit avoir percé le verre , ou le vif argent , ou l'un & l'autre , qui sont tous deux impenetrables à l'air. Et lorsque dans la mesme experience l'on fait le vuide en mettant un peu d'eau par dessus le vif argent , l'on en conclud pareillement que ladite matiere passe à travers le verre , ou l'eau , ou à travers tous les deux.

Quant aux differentes manieres dont j'ay dit que se communiquent successivement les mouvemens du Son , & de la lumiere , on peut assez comprendre comment cecy se passe en ce qui est du Son , quand on considere que l'air est de telle nature qu'il peut estre comprimé , & reduit à un espace beaucoup moindre qu'il n'occupe d'ordinaire ; & qu'à mesure qu'il est comprimé il fait effort à se remettre au large : car cela joint à sa penetrabilité , qui luy demeure non obstant sa compression , semble prouver qu'il est fait de petits corps qui nagent & qui sont agitez fort viste dans la matiere etherée , composée de parties bien plus petites. De sorte que la cause de l'extension des ondes du Son , c'est l'effort que font ces petits corps , qui s'entrechoquent , à se remettre au large , lorsqu'ils sont un peu plus serrez dans le circuit de ces ondes qu'ailleurs.

Mais l'extreme vitesse de la lumiere , & d'autres proprietéz qu'elle a , ne sçauroient admettre une telle propagation de mouvement , & je vais monstrier icy de quelle maniere je conçois qu'elle doit estre. Il faut expliquer pour cela la propriété que gardent les corps durs à transmettre le mouvement les uns aux autres.

Lorsqu'on prend un nombre de boules d'égale grosseur , faites de quelque matiere fort dure , & qu'on les range en ligne

droite, en sorte qu'elles se touchent; l'on trouve, en frappant avec une boule pareille contre la premiere de ces boules, que le mouvement passe comme dans un instant jusqu'à la derniere, qui se separe de la rangée, sans qu'on s'appercoive que les autres se soient remuées. Et mesme celle qui a frappé demeure immobile avec elles. Oú l'on voit un passage de mouvement d'une extreme vitesse & qui est d'autant plus grande que la matiere des boules est d'une plus grande dureté.

Mais il est encore constant que ce progres de mouvement n'est pas momentanée, mais successif & qu'ainsi il y faut du temps. Car si le mouvement ou, si l'on veut, l'inclination au mouvement ne passoit pas successivement par toutes ces boules, elles l'acquerroient toutes en mesme temps, & partant elles avanceroient toutes ensemble; ce qui n'arrive point: mais la derniere quitte toute la rangée, & acquiert la vitesse de celle qu'on a poussée. Outre qu'il y a des experiences qui font voir que tous ces corps que nous comptons au rang des plus durs, comme l'acier trempé, le verre, & l'Agathe, font ressort, & plient en quelque façon, non seulement quand ils sont étendus en verges, mais aussi quand ils sont en forme de boules ou autrement. C'est à dire qu'ils rentrent quelque peu en eux mesmes à l'endroit où ils sont frappés, & qu'ils se remettent aussi tost dans leur premiere figure. Car j'ay trouvé qu'en frappant avec une boule de verre, ou d'Agathe, contre un gros morceau & bien epais de mesme matiere, qui avoit la surface platte & tant soit peu ternie avec l'haleine ou autrement, il y restoit des marques rondes, plus ou moins grandes, selon que le coup avoit esté fort ou foible. Ce qui fait voir que ces matieres obeissent à leur rencontre, & se restituent; à quoy il faut qu'elles emploient du temps.

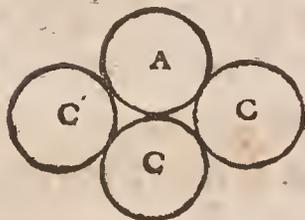
Or, pour appliquer cette sorte de mouvement à celuy qui produit la lumiere, rien n'empêche que nous n'estimions les particules

ticules de l'ether estre d'une matiere si approchante de la dureté parfaite & d'un ressort si prompt que nous voulons. Il n'est pas necessaire pour cela d'examiner icy la cause de cette dureté, ny de celle du ressort, dont la consideration nous meneroit trop loin de nostre sujet. Je diray pourtant en passant qu'on peut concevoir que ces particules de l'ether, non-obstant leur petitesse, sont encore composées d'autres parties, & que leur ressort consiste dans le mouuement tres-rapide d'une matiere subtile, qui les traverse de tous costez, & contraint leur tissu à se disposer en sorte, qu'il donne un passage à cette matiere fluide le plus ouvert, & le plus facile qui se puisse. Ce qui s'accorde avec la raison que M^r. Des Cartes donne du ressort, sinon que je ne suppose pas des pores en forme de canaux ronds, & creux, comme luy. Et il ne faut pas s'imaginer qu'il y ait rien d'absurde en cecy ny d'impossible; estant au contraire fort croyable que c'est ce progrez infini de differentes grosseurs de corpuscules, & les differens degrez de leur vitesse, dont la Nature se sert à operer tant de merueilleux effets.

Mais quand nous ignorerions la vraye cause du ressort, nous voyons tousjours qu'il y a beaucoup de corps qui ont cette propriété; & ainsi il n'y a rien d'étrange de la supposer aussi dans des petits corps invisibles comme ceux de l'Ether. Que si l'on veut chercher quelque autre maniere dont le mouvement de la lumiere se communique successivement, on n'en trouvera point qui convienne mieux que le ressort avec la progression égale, qui semble estre necessaire; parce que si ce mouvement se ralentissoit à mesure qu'il se partage entre plus de matiere, en s'éloignant de la source de la lumiere, elle ne pourroit pas conserver cette grande vitesse dans de grandes distances. Mais en supposant le ressort dans la matiere etherée, ses particules auront la propriété de se restituer également viste, soit qu'elles soient fortement ou foiblement poussées; & ainsi le progrez de la lu-

miere continuera tousjours avec une viffesse egale.

Et il faut fçavoir que quoique les particules de l'ether ne foient pas rangées ainfi en lignes droites comme dans nostre rangée de boules , mais confufement , en forte qu'une en touche plusieurs autres , cela n'empesche pas qu'elles ne transportent leur mouvement , & qu'elles ne l'étendent tousjours en avant. En quoy il y a à remarquer une loy du mouvement qui fert à cette propagation , & qui fe verifie par l'experience. C'est que quand une boule, comme icy A, en touche plu-



sieurs autres pareilles c c c , si elle est frappée par une autre boule B , en forte qu'elle fasse impreflion fur toutes les c c c qu'elle touche , elle leur transporte tout fon mouvement , & demeure apres cela immobile , comme auffi la boule B. Et fans fuppofer que les particules etherées foient de forme fpherique , (car je ne vois pas d'ailleurs qu'il foit befoin de les fuppofer telles) l'on comprend bien que

cette propriété de l'impulfion ne laiffé pas de contribuer à ladite propagation de mouvement.

L'Egalité de grandeur femble y eftre plus neceffaire , parce qu'autrement il doit y avoir quelque reflexion de mouvement en arriere quand il paffe d'une moindre particule à une plus grande , fuivant les Regles de la Percuffion que j'ay publiées il y a quelques années.

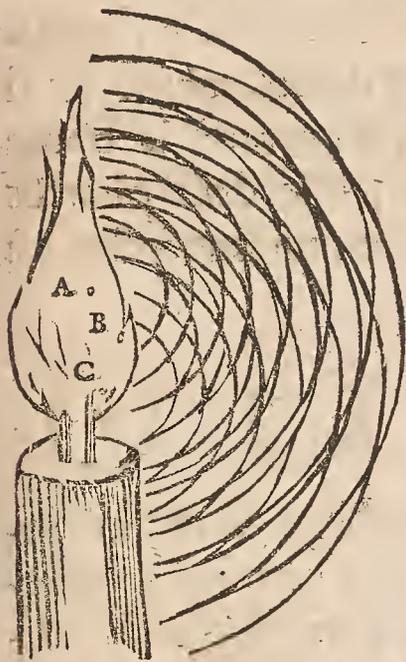
Cependant l'on verra cy après que nous n'avons pas tant befoin de fuppofer cette egalité pour la propagation de la lumiere , que pour la rendre plus aifée & plus forte ; n'eftant pas auffi hors d'apparence que les particules de l'ether ayent efté faites egales pour un fi confiderable effet que celuy de la lumiere , du moins dans cette vaste étendue qui eft au de là de la region des vapeurs , qui ne femble fervir qu'à transf-

mettre :

mettre la lumiere du Soleil & des Astres.

J'ay donc montré de quelle façon l'on peut concevoir que la lumiere s'étend successivement par des ondes spheriques, & comment il est possible que cette extension se fasse avec une aussi grande vitesse, que les experiences, & les observations celestes la demandent. Où il faut encore remarquer que quoique les parties de l'ether soient supposées dans un continuel mouvement, (car il y a bien des raisons pour cela) la propagation successive des ondes n'en scauroit estre empeschée, parce qu'elle ne consiste point dans le transport de ces parties, mais seulement dans un petit ebranlement, qu'elles ne peuvent s'empescher de communiquer à celles qui les environnent, non obstant tout le mouvement qui les agite & fait changer de place entr'elles.

Mais il faut considerer encore plus particulierement l'origine de ces ondes, & la maniere dont elles s'étendent. Et premierement il s'enfuit de ce qui à esté dit de la production de la lumiere, que chaque petit endroit d'un corps lumineux, comme le Soleil, une chandelle, ou un charbon ardent, engendre ses ondes, dont cet endroit est le centre. Ainsi dans la flame d'une chandelle, estans distingués les points A, B, C; les cercles concentriques, decrits autour de chacun de ces points, representent les ondes qui en proviennent. Et il en faut concevoir de mesme autour de chaque point de la sur-



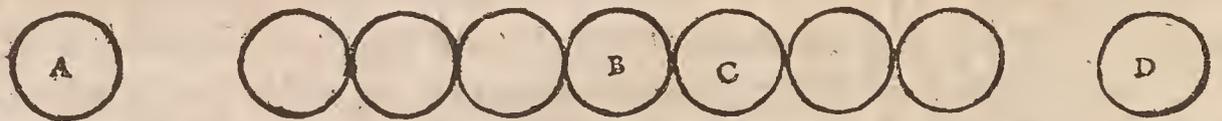
face, & d'une partie du dedans de cette flame.

Mais comme les percussions au centre de ces ondes n'ont point de suite reglé, aussi ne faut il pas s'imaginer que les ondes mesmes s'entresuivent par des distances égales: & si ces distances paroissent telles dans cette figure, c'est plutost pour

mar-

marquer le progresz d'une mesme onde en des temps egaux, que pour en representer plusieurs provenues d'un mesme centre.

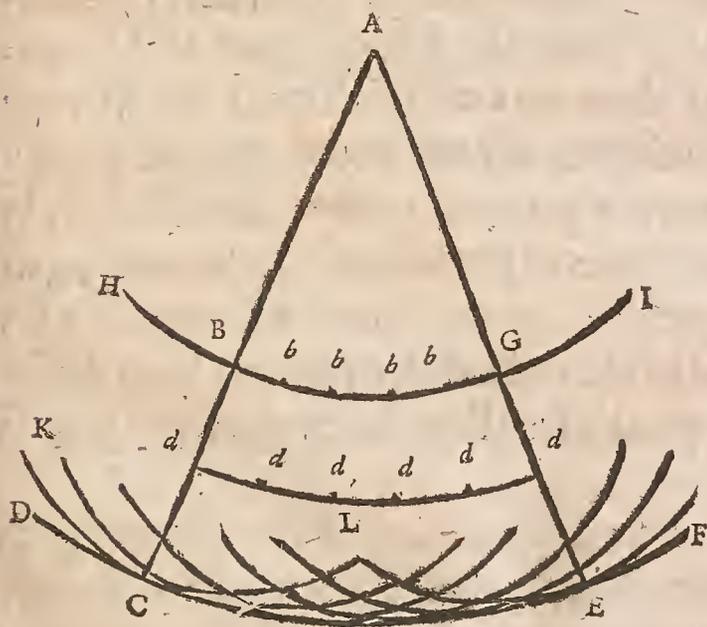
Il ne faut pas au reste que cette prodigieuse quantité d'ondes, qui se traversent sans confusion, ny sans s'effacer les unes les autres, semble inconcevable; estant certain qu'une mesme particule de matiere peut servir à plusieurs ondes, venant de divers costez, ou mesme de costez contraires; non seulement si elle est poussée par des coups qui s'entre-suivent prez à prez, mais mesme par ceux qui agissent sur elle en mesme instant; & cela à cause du mouvement qui s'étend successivement. Ce qui se peut prouver par la rangee de boules égales, de matiere dure, dont il a esté parlé cy dessus; contre laquelle si l'on pousse en mesme temps des deux costez opposez des boules pareilles A & D, l'on verra rejaillir chacune avec la mesme vitesse qu'elle avoit en allant, & toute la rangee demeurer en sa place; quoique le mouvement ait passé tout du long, & doublement. Et si ces mouvemens contraires viennent à se rencontrer à la boule du milieu B, ou à quelqu'autre comme C, elle doit plier & faire ressort des deux costez, & ainsi servir en mesme instant à transmettre ces deux mouvemens.



Mais ce qui peut d'abord paroître fort étrange & mesme incroyable, c'est que des ondulations produites par des mouvemens & des corpuscules si petits, puissent s'étendre à des distances si immenses, comme par exemple depuis le soleil, ou depuis les etoiles jusqu'à nous. Car la force de ces ondes doit s'affoiblir à mesure qu'elles s'écartent de leur origine, de sorte que l'action de chacune en particulier deviendra sans doute incapable de se faire sentir à nostre veüe. Mais on cessera de s'étonner en considerant que dans une grande distance
du

du corps lumineux une infinité d'ondes , quoique issus de points differens de ce corps , s'unissent en sorte que sensiblement elles ne composent qu'une onde seule, qui par consequent doit avoir assez de force pour se faire sentir. Ainsi ce nombre infini d'ondes qui naissent en mesme instant de tous les points d'une étoile fixe , grande peut estre comme le Soleil, ne font sensiblement qu'une seule onde , laquelle peut bien avoir assez de force pour faire impression sur nos yeux. Outre que de chaque point lumineux il peut venir plusieurs milliers d'ondes dans le moindre temps imaginable , par la frequente percussion des corpuscules , qui frappent l'Ether en ces points ; ce qui contribue encore à rendre leur action plus sensible.

Il y a encore à considerer dans l'émanation de ces ondes , que chaque particule de la matiere, dans laquelle une onde s'étend , ne doit pas communiquer son mouvement seulement à la particule prochaine , qui est dans la ligne droite tirée du point lumineux ; mais qu'elle en donne aussi necessairement à toutes les autres qui la touchent , & qui s'opposent à son mouvement.



De sorte qu'il faut qu'autour de chaque particule il se fasse une onde dont cette particule soit le centre. Ainsi si D C F est une onde emanée du point lumineux A , qui est son centre ; la particule B , une de celles qui sont comprises dans la sphere D C F , aura fait son onde particuliere K C L , qui touchera l'onde D C F en C , au mesme moment

que l'onde principale, emanée du point A , est parvenue

C

nuë

nuë en $DC F$; & il est clair qu'il n'y aura que l'endroit C de l'onde $K C L$ qui touchera l'onde $DC F$, sçavoir celui qui est dans la droite menée par AB . De mesme les autres particules comprises dans la sphere $DC F$, comme bb , dd &c. auront fait chacune son onde. Mais chacune de ces ondes ne peut estre qu'infiniment foible comparé à l'onde $DC F$, à la composition de laquelle toutes les autres contribuent par la partie de leur surface qui est la plus éloignée du centre A .

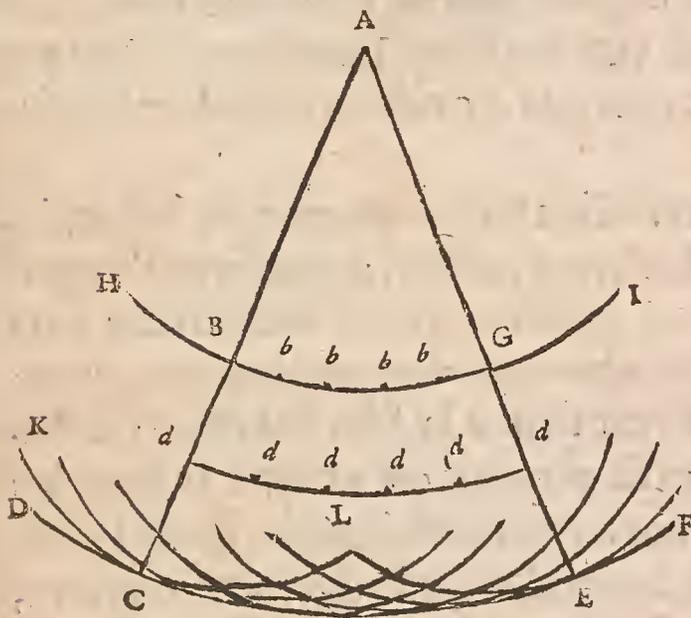
L'on voit de plus que l'onde $DC F$ est determiné par l'extrémité du mouvement, qui est sorti du point A en certain espace de temps; n'y ayant point de mouvement au de là de cette onde, quoy qu'il y en ait bien dans l'espace qu'elle enferme, sçavoir dans les parties des ondes particulieres, lesquelles parties ne touchent point la sphere $DC F$. Et tout cecy ne doit pas sembler estre recherché avec trop de soin, ni de subtilité; puisque l'on verra dans la suite, que toutes les proprieté de la lumiere, & tout ce qui appartient à sa reflexion & à sa refraction, s'explique principalement par ce moyen. C'est ce qui n'a point esté connu à ceux qui cy-devant ont commencé à considerer les ondes de lumiere, parmi lesquels sont M^r. Hook dans sa Micrographie, & le P. Pardies. qui dans un traité dont il me fit voir une partie, & qu'il ne pût achever estant mort peu de temps après, avoit entrepris de prouver par ces ondes les effets de la reflexion & de la refraction. Mais le principal fondement, qui consiste dans la remarque que je viens de faire, manquoit à ses demonstrations, & il avoit dans le reste des opinions bien différentes des miennes, comme peut estre l'on verra quelque jour si son écrit s'est conservé.

Pour venir aux proprieté de la lumiere; remarquons premierement que chaque partie d'onde doit s'étendre en sorte, que les extremité soient tousjours comprises entre les mesmes lignes droites tirées du point lumineux. Ainsi la partie d'onde

B G, ayant le point lumineux A pour centre, s'étendra en l'arc C E, terminé par les droites A B C, A G E. Car bien que les ondes particulieres, produites par les particules que comprend l'espace C A E, se repandent aussi hors de cet espace, toutesfois elles ne concourent point en mesme instant, à composer ensemble une onde qui termine le mouvement, que precisement dans la circonference C E, qui est leur tangente commune.

Et d'icy l'on voit la raison pourquoy la lumiere, à moins que

ses rayons ne soient réfléchis ou rompus, ne se repand que par des lignes droites, en sorte qu'elle n'éclaire aucun objet que quand le chemin depuis sa source jusqu'à cet objet est ouvert suivant de telles lignes. Car si, par exemple, il y avoit une ouverture B G, bornée par des corps opaques B H, G I; l'onde de lumiere qui sort du point A



fera toujours terminée par les droites A C, A E, comme il vient d'estre démontré: les parties des ondes particulieres, qui s'étendent hors de l'espace A C E, estant trop foibles pour y produire de la lumiere.

Or quelque petite que nous fassions l'ouverture B G, la raison est toujours la mesme pour y faire passer la lumiere entre des lignes droites; parce que cette ouverture est toujours assez grande pour contenir un grand nombre de particules de la matiere etherée, qui sont d'une petitesse inconcevable; de sorte qu'il paroît que chaque petite partie d'ondes'avance necessairement suivant la ligne droite qui vient du point luisant. Et

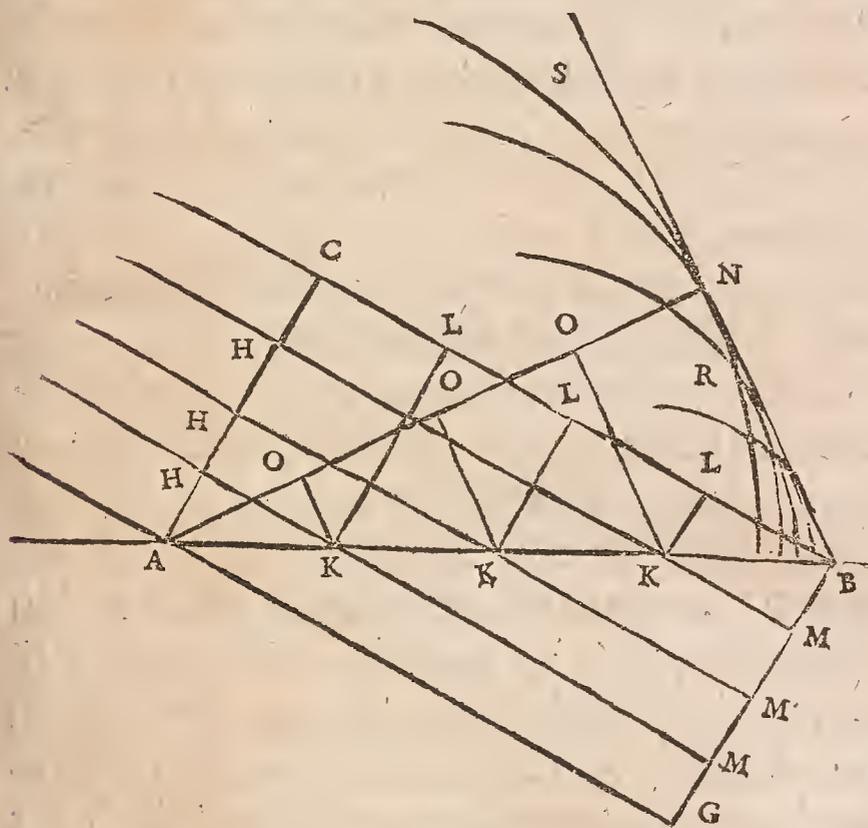
c'est ainsi que l'on peut prendre des rayons de lumière comme si c'étoient des lignes droites.

Il paroît au reste, par ce qui à esté remarqué touchant la foiblesse des ondes particulieres, qu'il n'est pas nécessaire que toutes les particules de l'Ether soient égales entre elles, quoique l'égalité soit plus propre à la propagation du mouvement. Car il est vray que l'inégalité fera qu'une particule, en poussant une autre plus grande, fasse effort pour reculer avec une partie de son mouvement, mais il ne s'engendrera de cela que quelques ondes particulieres en arriere vers le point lumineux, incapables de faire de la lumière : & non pas d'onde composéé de plusieurs, comme estoit C E.

Une autre, & des plus merueilleuses prepietez de la lumière est que, quand il en vient de divers costez, ou mesme d'opposez, elles font leur effet l'une à travers l'autre sans aucun empêchement. D'ou vient aussi que par une mesme ouverture plusieurs spectateurs peuvent voir tout à la fois des objets differens, & que deux personnes se voyent en mesme instant les yeux l'un de l'autre. Or suivant ce qui a esté expliqué de l'action de la lumière, & comment ses ondes ne se détruisent point, ny ne s'interrompent les unes les autres quand elles se croisent, ces effets que je viens de dire sont aisez à concevoir. Qui ne le sont nullement à mon avis selon l'opinion de Des-Cartes, qui fait consister la lumière dans une pression continuelle, qui ne fait que tendre au mouvement. Car cette pression ne pouvant agir tout à la fois des deux costez opposez, contre des corps qui n'ont aucune inclination à s'approcher; il est impossible de comprendre ce que je viens de dire de deux personnes qui se voyent les yeux mutuellement, ni comment deux flambeaux se puissent éclairer l'un l'autre.

CHAPITRE II. DE LA REFLEXION.

Ayant expliqué les effets des ondes de lumière, qui s'étendent dans une matiere homogene, nous examinerons ensuite ce qui leur arrive en rencontrant d'autres corps. Nous ferons voir premierement comment par ces mesmes ondes s'explique la Reflexion de la lumiere, & pourquoy elle garde l'égalité des angles. Soit une surface plane & polie, de quelque metal,



verre ou autre corps, AB , que d'abord je considereray comme parfaitement unie (me reservant à parler des inégalitez, dont elle ne peut estre exempte, à la fin de cette demonstration) & qu'une ligne AC , inclinée sur AB , represente une partie d'une onde de lumiere, dont le centre soit si loin

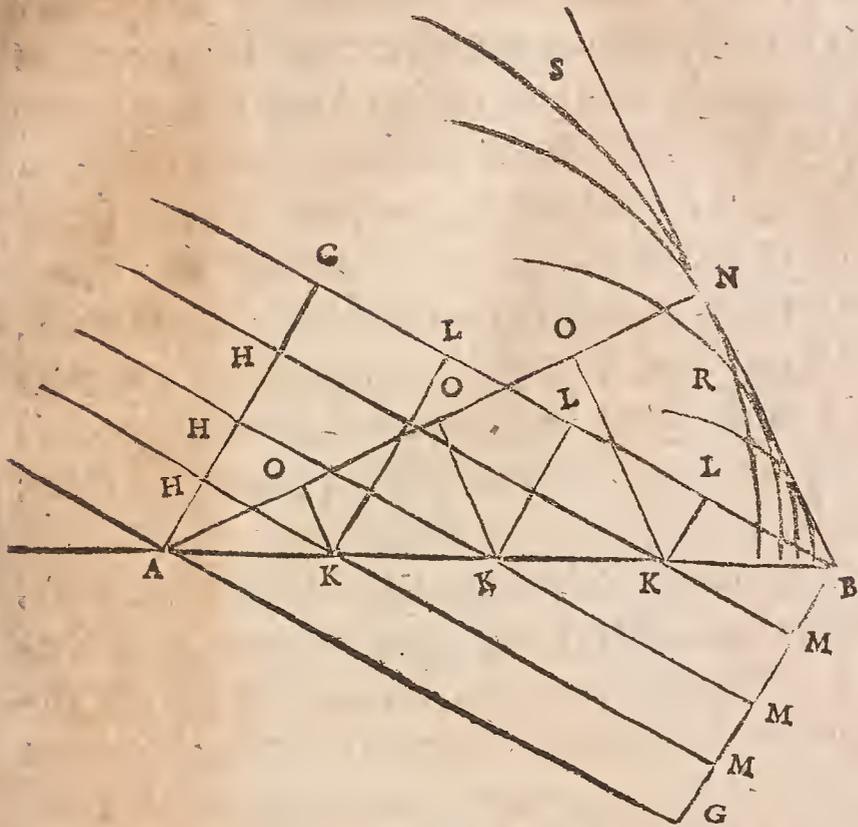
que cette partie AC puisse estre considerée comme une ligne droite ; parce que je considere tout cecy comme dans un seul plan, m'imaginant que le plan, ou est cette figure, coupe la sphere de l'onde par son centre, & le plan AB à angles droits ; ce qu'il suffit d'avertir une fois pour toutes.

L'endroit c de l'onde $A C$, dans un certain espace de temps, fera avancé jusqu'au plan $A B$ en B , suivant la droite $C B$, que l'on doit s'imaginer venir du centre lumineux, & qui par conséquent est perpendiculaire à $A C$. Or dans ce mesme espace de temps, l'endroit A de la mesme onde, qui a esté empêché de communiquer son mouvement par de là le plan $A B$, ou du moins en partie, doit avoir continué son mouvement dans la matiere qui est au dessus de ce plan, & cela dans une étendue égale à $C B$; faisant son onde spherique particuliere, suivant ce qui a esté dit cy-dessus. Laquelle onde est icy representée par la circonference $S N R$, dont le centre est A , & le demidiametre $A N$ égal à $C B$.

Que si l'on considere en suite les autres endroits H de l'onde $A C$, il paroît qu'ils ne feront pas seulement arrivez à la surface $A B$ par les droites $H K$ paralleles à $C B$, mais que de plus ils auront engendré, des centres K , des ondes spheriques particulieres dans le diaphane, representées icy par des circonférences dont les demidiametres sont égaux aux $K M$, c'est à dire aux continuations des $H K$ jusques à la droite $B G$ parallele à $A C$.

Mais toutes ces circonférences ont pour tangente commune la ligne droite $B N$, sçavoir la mesme qui de B est faite tangente du premier de ces cercles, dont A estoit le centre, & $A N$ le demidiametre égal à $B C$, comme il est aisé de voir.

C'est donc la ligne $B N$ (comprise entre B & le point N , où tombe la perpendiculaire du point A ,) qui est comme formée par toutes ces circonférences, & qui termine le mouvement qui s'est fait par la reflexion de l'onde $A C$; & c'est aussi où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. C'est pourquoy, selon ce qui a esté expliqué, $B N$ est la propagation de l'onde $A C$ dans le moment que son endroit c est arrivé en B . Car il n'y a point d'autre ligne qui comme $B N$ soit tangente commune de tous lesdits cercles, si ce n'est $B G$, au dessous du plan $A B$; laquelle $B G$ seroit la propagation de l'onde si
le



le mouvement s'estoit pû étendre dans une matiere homogene à celle qui est au dessus du plan. Que si l'on veut voir comment l'onde AC est venue successivement en BN, l'on n'a qu'à tirer dans la mesme figure les droites KO par alleles à BN, & les droites KL paralleles à AC. Ainsi l'on verra

quel'onde AC de droite est devenue briséé dans toutes les OKL successivement, & qu'elle est redevenue droite en NB.

Or il paroît d'icy que l'angle de reflexion se fait egal à l'angle d'incidence. Car les triangles ACB, BNA estant rectangles, & ayant le costé AB commun, & le costé CB égal à NA, il s'enfuit que les angles opposez à ces costez seront égaux, & partant aussi les angles CBA, NAB. Mais comme CB, perpendiculaire à CA, marque la direction du rayon incident, ainsi AN, perpendiculaire à l'onde BN, marque la direction du rayon réfléchi; donc ces rayons sont également inclinez sur le plan AB.

Mais en considerant la demonstration precedente, l'on pourroit dire qu'il est bien vray que BN est la tangente commune des ondes circulaires dans le plan de cette figure; mais que ces ondes, estant dans la verité spheriques, ont encore une infinité de pareilles tangentes, sçavoir toutes les lignes droites qui du point B sont

de $B N$; de sorte que ce sera ce plan ou il y aura beaucoup plus de mouvement reflexy que par tout ailleurs, & qui pour cela portera la lumiere continuée de l'onde $C H$.

J'ay dit aussi dans la demonstration precedente, que le mouvement de l'endroit A de l'onde incidente ne s'est pû communiquer au de là du plan $A B$, ou du moins pas entierement. Où il faut remarquer que, quoyque le mouvement de la matiere etherée se communiquast en partie à celle du corps reflexissant, cela ne peut alterer en rien la vitesse du progres des ondes, duquel depend l'angle de reflexion. Car une legere percussion doit engendrer des ondes aussi vîtes qu'une tres-forte, dans une mesme matiere. Ce qui vient de la propriété des corps qui font ressort, de laquelle nous avons encore parlé cy dessus; sçavoir que peu ou beaucoup pressez ils se restituent en des temps égaux. Partant dans toute reflexion de la lumiere, contre quelque corps que ce soit, les angles de reflexion & d'incidence doivent estre égaux; non-obstant que ce corps fust de telle nature qu'il ostast une partie du mouvement qui fait la lumiere incidente. Et l'experience montre qu'en effet il n'y a aucun corps poli dont la reflexion ne suive cette regle.

Mais ce qu'il faut sur tout remarquer dans nostre demonstration, c'est qu'elle ne demande pas que la surface reflexissante soit considerée comme un plan uni; ainsi qu'ont supposé tous ceux qui ont tasché d'expliquer les effets de la reflexion; mais seulement d'une egalité telle que peuvent composer les particulles de la matiere du corps reflexissant, mises les unes aupres des autres; lesquelles particulles sont plus grandes que celles de la matiere etherée, comme il paroitra par ce que nous dirons en traitant de la transparence & de l'opacité des corps. Car la surface consistant ainsi en des particulles mises ensemble, & les particulles etherées estant par dessus, & plus petites, il est evident qu'on ne sçauroit demonstrier l'egalité des angles d'incidence,

& de reflexion par la ressemblance de ce qui arrive à une balle poussée contre un mur, de laquelle on s'est toujours servi. Au lieu que dans nostre maniere la chose s'explique sans difficulté. Car la petitesse des particulēs du vif argent, par exemple, estant telle qu'il en faut concevoir des millions dans la moindre surface visible proposée, arrangées comme un amas de grains de sable, qu'on auroit applani autant qu'il en est capable; cette surface alors devient égale comme un verre poli à nostre égard; & quoiqu'elle demeure toujours raboteuse à l'égard des particulēs de l'Ether, il est évident que les centres de toutes les spheres particulieres de reflexion, dont nous avons parlé, sont à peu près dans un mesme plan uni, & qu'ainsi la commune tangente leur peut convenir assez parfaitement pour ce qu'il faut à la production de la lumiere. Et c'est ce qui seulement est requis, dans nostre maniere de demonstrier, pour faire l'égalité desdits angles, sans que le reste du mouvement reflechi de toutes parts puisse produire aucun effet contraire.

C H A P I T R E III.

D E L A R E F R A C T I O N .

DE mesme que les effets de la Reflexion ont esté expliquez par les ondes de la lumiere reflechies à la surface des corps polis, nous expliquerons la transparence, & les phenomenes de la refraction, par les ondes qui s'étendent au dedans & au travers des corps diaphanes, tant solides, comme le verre, que liquides, comme l'eau les huiles &c. Mais afin qu'il ne paroisse pas estrange de supposer ce passage des ondes au dedans de ces corps, je feray voir auparavant qu'on peut le concevoir possible en plus d'une maniere.

Premierement donc quand la matiere etherée ne penetreroit
aucu-

aucunement les corps transparens , leurs particules mesmes se pourroient communiquer successivement le mouvement des ondes , de mesme que celles de l'Ether ; estant supposeés , comme celles cy, de nature à faire ressort. Et cela est aisé à concevoir pour ce qui est de l'eau , & des autres liqueurs transparentes , comme estant composeés de particules detachées. Mais il peut sembler plus difficile à l'égard du verre , & des autres corps transparens & durs ; par ce que leur solidité ne semble pas permettre qu'ils puissent recevoir du mouvement que dans toute leur masse à la fois. Ce qui pourtant n'est pas necessaire , parce que cette solidité n'est pas telle qu'elle nous paroît ; estant probable que ces corps sont plustost composez de particules , qui ne sont que posées les unes auprès des autres , & retenues ensemble par quelque pression de dehors d'une autre matière , & par l'irregularité des figures. Car premierement leur rareté paroît par la facilité avec laquelle y passe la matière des tourbillons de l'aimant , & celle qui cause la pesanteur. De plus l'on ne peut pas dire que ces corps soient d'un tissu semblable à celuy d'une éponge , ou du pain léger , parce que la chaleur du feu les fait couler , & change par là la situation des particules entre elles. Il reste donc que ce soient , comme il a esté dit , des assemblages de particules qui se touchent , sans composer un solide continu. ce qui estant ainsi , le mouvement que ces particules reçoivent pour continuer les ondes de lumière , ne faisant que se communiquer des unes aux autres ; sans qu'elles sortent pour cela de leur place , ou qu'elles se dérangent entr'elles ; il peut fort bien faire son effet sans prejudicier en rien à la solidité du composé qui nous paroît.

Par la pression de dehors , dont j'ay parlé , il ne faut pas entendre celle de l'air , qui ne seroit pas suffisante , mais une autre d'une matière plus subtile , laquelle pression se manifeste dans cette expérience que le hazard m'a fait rencontrer il y a long-

temps ; sçavoir de l'eau purgée d'air , qui demeure suspenduë dans un tuyau de verre ouvert par le bout d'enbas , non-obstant que l'air soit osté du vaisseau où ce tuyau est enfermé.

L'on peut donc de cette maniere concevoir la transparence sans qu'il soit besoin que la matiere etherée, qui sert à la lumiere, y passe, ny qu'elle trouve des pores pour s'y insinuer. Mais la verité est que cette matiere non seulement y passe , mais mesme avec grande facilité; dequoy l'experience de Torricelli, dessus alleguée, est deja une preuve. Par ce que le vif argent & l'eau, quitant la partie haute du tuyau de verre , il paroît qu'elle est remplie aussi-tost de la matiere etherée , puisque la lumiere y passe. Mais voicy un autre argument qui prouve cette penetrabilité aisée , non seulement dans les corps transparens , mais aussi dans tous les autres.

Lorsque la lumiere passe à travers d'une sphere creuse de verre, fermée de toutes parts , il est constant qu'elle est pleine de la matiere etherée , autant que les espaces au dehors de la sphere. Et cette matiere etherée , comme il a esté monstré cy devant , consiste en des particules qui se touchent prez à prez. Si elle estoit donc tellement enfermée dans la sphere qu'elle ne pût sortir par les pores du verre , elle seroit obligée de suivre le mouvement de la sphere lorsqu'on la fait changer de place : & il faudroit par consequent la mesme force à peu pres pour imprimer une certaine vitesse à cette sphere, lorsqu'elle seroit posée sur un plan horizontal , que si elle estoit pleine d'eau ou peutestre de vif argent : parce que tout corps resiste à la vitesse du mouvement, qu'on veut luy donner, selon la quantité de la matiere qu'il contient , & qui doit suivre ce mouvement. Mais on trouve au contraire que la sphere ne resiste à l'impression du mouvement que selon la quantité de la matiere du verre dont elle est faite : donc il faut que la matiere etherée, qui est dedans, ne soit point enfermée , mais qu'elle coule à travers avec tres grande liberté.

Nous

Nous ferons voir cy apres que la mesme penetrabilité se conclud aussi, par ce moyen, en ce qui est des corps opaques.

La seconde maniere donc d'expliquer la transparence, & qui paroît plus vrai-semblable, c'est en disant que les ondes de lumiere se continuent dans la matiere etherée, qui occupe continuellement les interstices, ou pores des corps transparen's. Car puisqu'elle y passe continuellement, & avec facilité, il s'ensuit qu'ils s'en trouvent tousjours remplis. Et l'on peut mesme demonstrier que ces interstices occupent beaucoup plus d'espace que les particules coherentes qui constituent les corps. Car s'il est vray ce que nous venons de dire, qu'il faut de la force pour imprimer certaine vitesse horizontale aux corps, à proportion qu'ils contiennent de la matiere coherente; & si la proportion de cette force suit la raison des pesanteurs, ce qui se confirme par l'experience; donc la quantité de la matiere constituante des corps suit aussi la proportion des pesanteurs. Or nous voyons que l'eau ne pese que la quatorzieme partie autant qu'une portion egale de vif argent: donc la matiere de l'eau n'occupe pas la quatorzieme partie de l'espace que tient sa masse. Mesme elle en doit occuper bien moins, puisque le vif argent est moins pesant que l'or; & que la matiere de l'or est fort peu dense: comme il s'ensuit de ce que la matiere des tourbillons de l'aimant, & de celle qui cause la pesanteur y passent treslibrement.

Mais on peut objecter icy que, si le corps de l'eau est d'une si grande rareté, & que ses particules occupent une si petite portion de l'espace de son étendue apparente, il est bien étrange comment elle resiste pourtant si fort à la Compression, sans se laisser condenser par aucune force qu'on ait essayé jusqu'icy d'y employer; conservant mesme toute sa liquidité, pendant qu'elle souffre cette pression.

Ce n'est pas icy une petite difficulté. Laquelle pourtant on

peut refoudre en difant que le mouvement tres violent & rapide de la matiere fubtile qui rend l'eau liquide, en ébranlant les particules dont elle eft compofée, maintient cette liquidité malgré la preffion que jufqu'icy on fe foit avifé d'y appliquer.

La rareté des corps transparens eftant donc telle que nous avons dit, l'on conçoit aifement que les ondes puiffent eftre continuées dans la matiere etherée qui emplit les interftices des particules. Et de plus l'on peut croire que le progrez de ces ondes doit eftre un peu plus lent au dedans des corps, à raifon des petits detours que caufent les mefmes particules. Dans laquelle differente viteffe de la lumiere, je feray voir que confifte la caufe de la refraction.

J'indiqueray auparavant la troiféme & derniere maniere dont on peut concevoir la transparence, qui eft en fupposant que le mouvement des ondes de lumiere fe tranfmet indifferemment & dans les particules de la matiere etherée, qui occupent les interftices des corps, & dans les particules qui les compofent, en forte que ce mouvement paffe des unes aux autres. L'on verra cy apres que cette hypothefe fert beaucoup à expliquer la refraction double de certains corps diaphanes.

Que fi l'on objecte que les particules de l'ether eftant plus petites que celles des corps transparens, puis qu'elles paffent par leurs intervalles, il s'enfuivroit qu'elles ne leur pourroient communiquer que peu de leur mouvement; l'on peut répondre, que les particules de ces corps font encore compofées d'autres particules plus petites; & qu'ainfi ce feront ces particules fecondes qui recevront le mouvement de celles de l'ether.

Au refte, fi celles des corps transparents ont leur reffort un peu moins prompt que n'eft celuy des particules etherées, ce que rien n'empesche de fuppofer, il s'enfuivra derechef que le progrez des ondes de lumiere fera plus lent au dedans de ce corps, qu'elle n'eft au dehors dans la matiere etherée.

C'eft

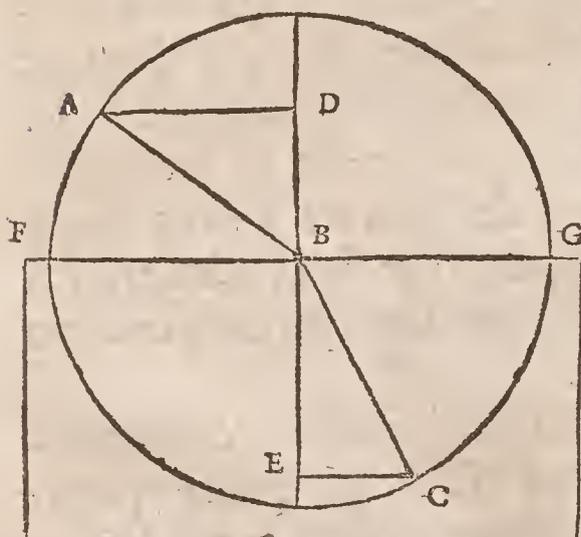
C'est là tout ce qui j'ay trouvé de plus vrai-semblable pour la maniere dont les ondes de la lumiere passent à travers les corps transparens. A quoy il faut encore ajouter en quoy ces corps different de ceux qui sont opaques ; & d'autant plus qu'il peut sembler , à cause de la facile penetration des corps par la matiere etherée , dont il a esté parlé , qu'il n'y auroit point de corps qui ne fût transparent. Car par la mesme raison de la sphere creuse, que j'ay employée pour prouver le peu de densité du verre , & sa penetrabilité aiséé à la matiere etherée , l'on peut aussi prouver que la mesme penetrabilité conuient aux metaux & à toute autre sorte de corps. Car cette sphere estant d'argent par exemple , il est certain qu'elle contient de la matiere etherée qui sert à la lumiere , puisque cette matiere y estoit aussi bien que l'air , lorsqu'on bouchoit l'ouverture de la sphere. Cependant estant fermée , & posée sur un plan horizontal , elle ne resiste au mouvement qu'on luy veut donner que suivant la quantité de l'argent dont elle est faite. de sorte qu'il en faut conclurre, comme dessus, que la matiere etherée , qui est enfermée ne suit point le mouvement de la sphere ; & que partant l'argent , aussi bien que le verre , est tres facilement penetré par cette matiere. Il s'en trouve donc continuellement & en quantité entre les particules de l'argent & de tous les autres corps opaques ; & puis qu'elle sert à la propagation de la lumiere , il semble que ces corps devroient aussi estre transparens , comme le verre ; ce qui pourtant n'est point.

D'où dira-t-on donc que vient leur opacité? est-ce que les particules qui les composent sont molles, c'est-à-dire que ces particules , estant composées d'autres moindres , sont capables de changer de figure en recevant l'impression des particules etherées, des quelles par là elles amortissent le mouvement , & empeschent ainsi la continuation des ondes de lumiere? Cela ne se peut : car si les particules des metaux sont molles, comment
est

est ce que l'argent poli, & le mercure reflechissent si fortement la lumiere? Ce que je trouve de plus vrai-femblable en cecy, c'est de dire que les corps des metaux, qui sont presque les seuls veritablement opaques, parmi leurs particules dures en'ont de molles entremeslées; de sorte que les unes servent à causer la reflexion, & les autres à empescher la transparence; au lieu que les corps transparens ne contiennent que des particules dures, qui ont la faculté de faire ressort, & servent ensemble avec celles de la matiere etherée, ainsi qu'il a esté dit, à la propagation des ondes de la lumiere.

Passons maintenant à l'explication des effects de la Refraction; en supposant, comme nous avons fait, le passage des ondes de la lumiere à travers les corps transparens, & la diminution de vitesse que ces mesmes ondes y souffrent.

La principale propriété de la Refraction est, qu'un rayon de lumiere, comme AB , estant dans l'air, & tombant obliquement sur la surface polie d'un corps transparent comme FG , se rompt



au point d'incidence B , en sorte qu'avec la droite DBE , qui coupe la surface perpendiculairement, il fait un angle CBE moindre que ABD , qu'il faisoit avec la mesme perpendiculaire estant dans l'air. Et la mesure de ces angles se trouve en décrivant un cercle du point B , qui coupe les rayons AB , BC . Car les perpendiculaires AD , CE menées des points d'interfection

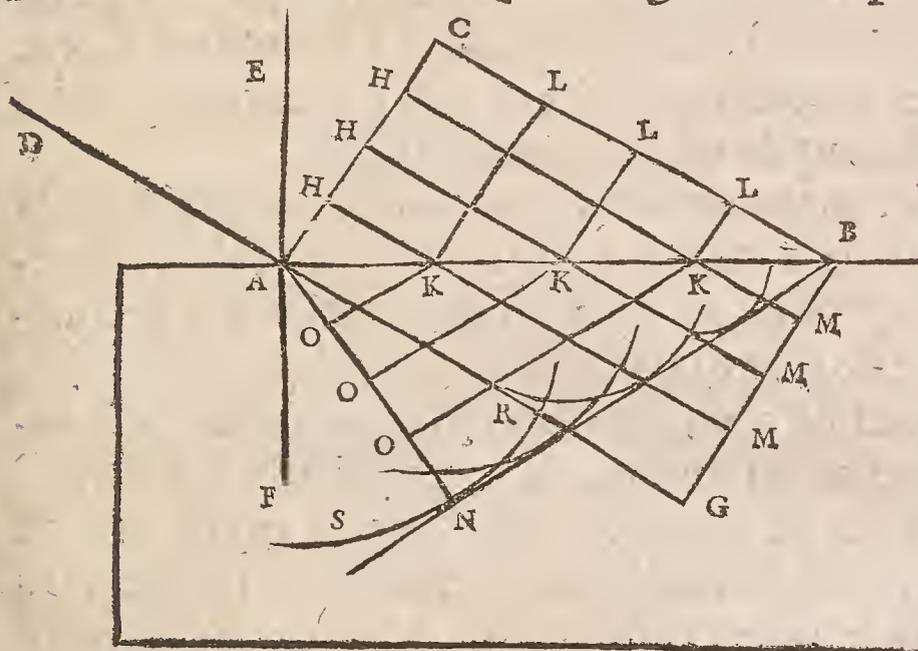
sur la droite DE , lesquelles on appelle les Sinus des angles ABD , CBE , ont entre elles une certaine raison, qui est tousjours la mesme dans toutes les inclinaisons du rayon incident, pour ce qui est d'un certain corps transparent. Estant dans le verre fort

prez

prés comme de 3 à 2, & dans l'eau fort prés comme de 4 à 3; & ainsi differente dans d'autres corps diaphanes.

Une autre propriété, pareille à celle-cy, est que les refractions sont reciproques entre les rayons entrans dans un corps transparent, & ceux qui en sortent. C'est-à-dire que si le rayon AB en entrant dans le corps transparent se rompt en BC , aussi CB , estant pris pour un rayon au dedans de ce corps, se rompra, en sortant, en BA .

Pour expliquer donc les raisons de ces phenomenes suivant nos principes, soit la droite AB , qui represente une surface plane, terminant les corps transparens qui sont vers C & vers N . Quand je dis plane, cela ne signifie pas d'une egalité parfaite, mais telle qu'elle a esté entendue en traittant de la reflexion, & par la mesme raison. Que la ligne AC represente une partie



d'onde de lumiere, dont le centre soit supposé si loin, que cette partie puisse estre considerée comme une ligne droite. L'endroit C donc, de l'onde AC , dans un certain espace de temps fera a-

vancé jusqu'au plan AB suivant la droite CB , que l'on doit imaginer qu'elle vient du centre lumineux, & qui par consequent coupera AC à angles droits. Or dans le mesme temps l'endroit A seroit venu en G par la droite AG , egale & parallele à CB ; & toute la partie d'onde AC seroit en GB , si la matiere du corps transparent transmettoit le mouvement de l'onde

E

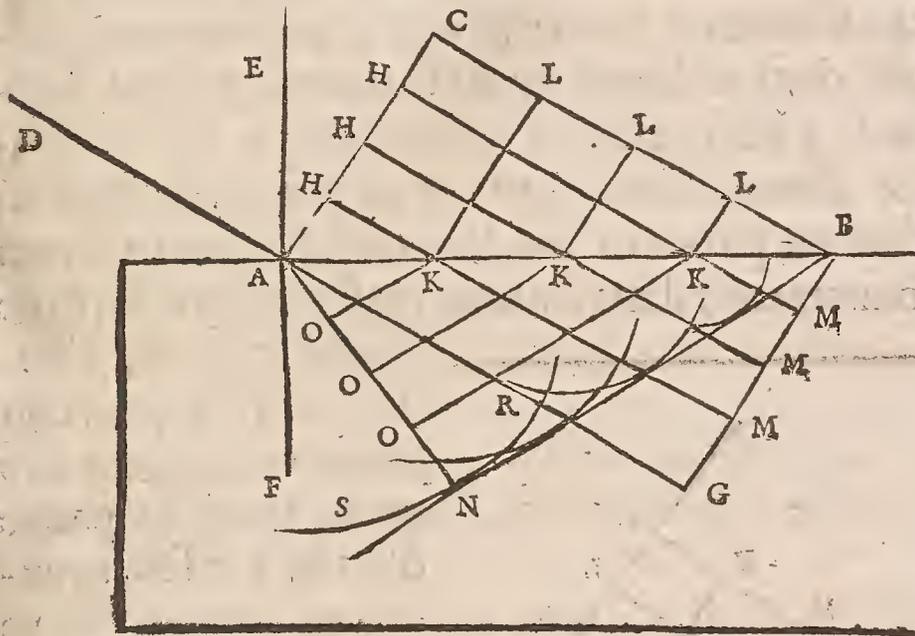
aussi

aussi vîte que celle de l'Ether. Mais supposons qu'elle transmette ce mouvement moins vîte, par exemple, d'un tiers. Il se fera donc repandu du mouvement depuis le point A, dans la matiere du corps transparent, par une etendue egale aux deux tiers de CB , faisant son onde spherique particuliere, suivant ce qui à esté dit cy devant; laquelle onde est donc representée par la circonference SNR , dont le centre est A, & le demi diametre egal aux $\frac{2}{3}$ de CB . Que si l'on considere ensuite les autres endroits H de l'onde AC, il paroît que dans le mesme temps que l'endroit C est venu en B, ils ne feront pas seulement arrivez à la surface AB, par des droites HK paralleles à CB, mais que de plus ils auront engendré, des centres K, des ondes particulieres dans le diaphane, representées icy par des circonférences dont les demi-diametres sont egaux aux $\frac{2}{3}$ des lignes KM, c'est à dire aux $\frac{2}{3}$ des continuations de HK jusqu'à la droite BG; car ces demi-diametres auroient esté egaux aux KM entieres, si les deux diaphanes estoient de mesme penetrabilité.

Or toutes ces circonférences ont pour tangente commune la ligne droite BN: sçavoir la mesme qui du point B est faite tangente de la circonference SNR , que nous avons considerée la premiere. Car il est aisé de voir que toutes les autres circonférences vont toucher à la mesme BN, depuis B jusqu'au point de contact N, qui est le mesme ou tombe AN perpendiculaire sur BN.

C'est donc BN, qui est comme formée par de petits arcs de ces circonférences, qui termine le mouvement que l'onde AC a communiqué dans le corps transparent, & ou ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. Et pour cela cette ligne, suivant ce qui a esté dit plus d'une fois, est la propagation de l'onde AC dans le moment que son endroit cest arrive en B. Car il ny a point d'autre ligne au dessous du plan AB qui, comme BN, soit tangente commune de toutes lesdites ondes particulieres. Que si l'on veut sçavoir

voir comment l'onde AC est venue successivement en BN , il ne faut que dans la mesme figure tirer les droites KO paralleles à BN , & toutes les KL paralleles à AC . Ainsi l'on verra que l'onde CA , de droite est devenue brisée dans toutes les LKO successivement, & qu'elle est redevenue droite en BN . Ce qui estant evident par ce qui a desja esté monstre, il n'est pas besoin de l'eclaircir davantage.



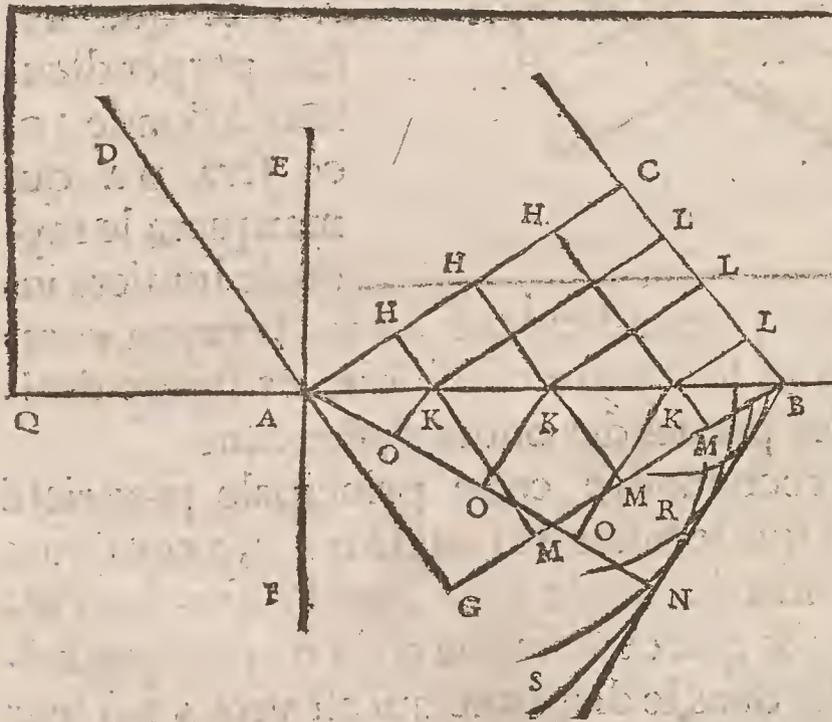
Or, dans la mesme figure, si on mene EAF , qui coupe le plan AB à angles droits au point A , & que AD soit perpendiculaire à l'onde AC , ce sera DA qui marquera le rayon de lumiere in-

cident, & AN , qui estoit perpendiculaire à BN , le rayon rompu : puisque les rayons ne sont autre chose que les lignes droites suivant lesquelles les parties des ondes s'estendent.

D'où il est aisé de reconnoitre cette principale propriété des refractions, sçavoir que le Sinus de l'angle DAE , a tousjours une mesme raison au Sinus de l'angle NAF , quelle que soit l'inclinaison du rayon DA : & que cette raison est la mesme que celle de la vitesse des ondes dans le diaphane qui est vers AE , à leur vitesse dans le diaphane vers AF . Car considerant AB comme rayon d'un cercle, le Sinus de l'angle BAC est BC , & le Sinus de l'angle ABN est AN . Mais l'angle BAC est egal à DAE ; puis-que chacun d'eux, adjouté à CAE , fait un angle droit. Et l'angle ABN est egal à NAF ; puis-que chacun d'eux avec BAN fait

un angle droit. Donc le Sinus de l'angle DAE est aussi au Sinus de NAF comme BC à AN . Mais la raison de BC à AN estoit la mesme que celle des viteffes de la lumiere dans la matiere qui est vers AE & dans celle qui est vers AF ; donc aussi le Sinus de l'angle DAE au Sinus de l'angle NAF fera comme lesdites viteffes de la lumiere.

Pour voir ensuite quelle doit estre la refraction, lorsque les ondes de lumiere passent dans un corps, où le mouvement s'étend plus vite que dans celuy d'où ils sortent, (posons derechef selon la raison de 3 à 2) il ne faut que repeter toute la mesme construction & demonstration que nous venons de mettre; en substituant seulement par-tout $\frac{2}{3}$ au lieu de $\frac{3}{2}$. Et l'on trouvera par le mesme raisonnement, dans cette autre figure, que lorsque



l'endroit C de l'onde AC sera parvenu jusqu'à la surface AB en B , toute la partie d'onde AC sera avancée en BN , en sorte que BC perpendiculaire sur AC soit à AN perpendiculaire sur BN comme 2 à 3. Et que cette mesme raison de 2 à 3 sera enfin entre le Sinus de l'angle EAD , & le Sinus de l'angle FAN .

D'icy l'on voit la reciprocation des refractions du rayon entrant & sortant d'un mesme diaphane: sçavoir que si NA tombant sur la surface extérieure AB , se rompt en AD , aussi le rayon DA se rompra, en sortant du diaphane, en AN .

L'on

L'on voit aussi la raison d'un accident notable qui arrive dans cette refraction ; qui est que depuis une certaine obliquité du rayon incident DA , il commence à ne point pouvoir pénétrer dans l'autre diaphane. Car si l'angle DAQ ou CBA est tel que dans le triangle ACB , CB soit égale aux $\frac{2}{3}$ de AB , ou plus grande, alors AN ne peut pas faire un costé du triangle ANB parce qu'elle devient égale à AB , ou plus grande : de sorte que la partie d'onde BN ne se trouve nulle part, ni par conséquent AN , qui luy devoit estre perpendiculaire. Et ainsi le rayon incident DA ne perce point alors la surface AB .

Quand la raison des vitesses des ondes est de deux à trois, comme dans nostre exemple, qui est celle qui convient au verre & à l'air, l'angle DAQ doit estre plus grand que de 48. deg. 11. min. afin que le rayon DA puisse passer en se rompant. Et quand la raison de ces vitesses est de 3 à 4, comme elle est à fort peu près dans l'eau & l'air, cet angle DAQ doit excéder 41. degrez 24. minutes. Et cela s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Mais on pourroit demander icy, puisque la rencontre de l'onde AC contre la surface AB doit produire du mouvement dans la matiere qui est de l'autre costé, pourquoy il n'y passe point de lumiere. A quoy la réponse est aisée si l'on se souvient de ce qui a esté dit cidevant. Car bien qu'il s'engendre une infinité d'ondes particulieres dans la matiere qui est de l'autre costé de AB , il n'arrive point à ces ondes d'avoir une ligne tangente commune (soit droite ou courbe) en un mesme instant ; & ainsi il n'y a point de ligne qui termine la propagation de l'onde AC au delà du plan AB , ni où le mouvement soit ramassé en assez grande quantité pour produire de la lumiere. Et l'on verra aisement la verité de cecy, sçavoir que CB estant plus grande que les $\frac{2}{3}$ de AB , les ondes excitées au delà du plan AB n'auront point de commune tangente, si des centres K l'on de-

crit alors des cercles , ayans les rayons egaux aux $\frac{1}{2}$ des LB qui leur répondent. Car tous ces cercles seront enfermez les uns dans les autres , & passeront tous au dela du point B .

Or il est à remarquer que , dès lors que l'angle DAQ est plus petit qu'il ne faut pour permettre que le rayon DA rompu puisse passer dans l'autre diaphane, l'on trouve que la reflexion interieure , qui se fait à la surface AB , s'augmente de beaucoup en clarté; comme il est aisé d'experimenter avec un prisme triangulaire : dequoy l'on peut rendre cette raison par nostre Theorie. Lorsque l'angle DAQ est encore assez grand pour faire que le rayon DA puisse passer, il est manifeste que la lumiere de la partie d'onde AC est ramassée dans une moindre estendue, lorsqu'elle est parvenue en BN . Il paroît aussi que l'onde BN devient d'autant plus petite que l'angle CBA ou DAQ est fait plus petit; jusqu'à ce qu'estant diminué jusqu'à la determination peu auparavant marquée, cette onde BN se ramasse toute comme dans un point. C'est à dire que quand l'endroit C de l'onde AC est alors arrivé en B , l'onde BN , qui est la propagation de AC , est toute reduite au mesme point B ; de mesme que, quand l'endroit H estoit arrivé en K , la partie AH estoit toute reduite au mesme point K . Ce qui fait voir qu'à mesure que l'onde CA est venu rencontrer la surface AB , il s'est trouvé grande quantité de mouvement le long de cette surface; lequel mouvement se doit estre repandu aussi en dedans du corps transparent, & avoir renforcé de beaucoup les ondes particulieres, qui produisent la reflexion interieure contre la surface AB , suivant les loix dela reflexion cy devant expliquées.

Et parce qu'un peu de diminution à l'angle d'incidence DAQ , fait devenir l'onde BN , d'assez grande qu'elle estoit, à rien: (car cet angle estant dans le verre de 49. degrez 11. min. l'angle BAN est encore de 11. degrez 21. min, & le mesme angle DAQ estant diminué d'un degré seulement, l'angle BAN est réduit

duit à rien, & ainsi l'onde BN reduite à un point :) de la vient que la reflexion interieure d'obscure devient subitement claire, dès lors que l'angle d'incidence est tel qu'il ne donne plus passage à la refraction.

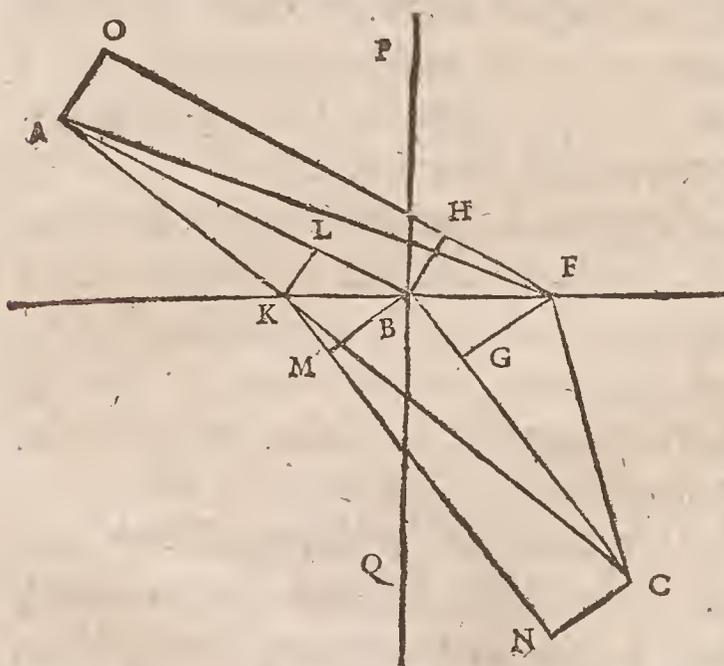
Or pour ce qui est de la reflexion exterieure ordinaire, c'est à dire qui arrive lors que l'angle d'incidence DAQ est encore assez grand pour faire que le rayon rompu puisse penetrer au dela de la superficie AB : cette reflexion se doit faire contre les particules de la matiere qui touche le corps transparent par dehors. Et c'est apparemment contre les particules de l'air & autres, meslées parmy la matiere etherée, & plus grossiere qu'elle. Comme d'autre costé la reflexion exterieure de ces corps se fait contre les particules qui les composent, & qui sont aussi plus grosses que celles de la matiere etherée, puisque celle-cy coule dans leurs intervalles. Il est vray qu'il reste en cecy quelque difficulté dans les experiences où cette reflexion interieure se fait sans que les particules de l'air y puissent contribuer, comme dans des vaisseaux ou tuyaux d'où l'air a esté tiré.

L'experience au reste nous apprend que ces deux reflexions sont à peu pres d'egale force, & que dans les differens corps transparens elles en ont d'autant plus que la refraction de ces corps est plus grande. Ainsi l'on voit manifestement que la reflexion du verre est plus forte que celle de l'eau, & celle du diamant plus forte que celle du verre.

Je finiray cette theorie de la refraction en demonstrent une proposition remarquable qui en depend ; sçavoir qu'un rayon de lumiere pour aller d'un point à un autre, quand ces points sont dans des diaphanes differens, se rompt en sorte à la surface plane qui joint ces deux milieux, qu'il employe le moindre temps possible ; tout de mesme qu'il arrive dans la reflexion contre une surface plane. M^r. Fermat à proposé le premier cette propriété des refractions, tenant comme nous, & directement

Ettement contre l'opinion de Mr. Des Cartes, que la lumière passe plus lentement à travers le verre & l'eau qu'à travers l'air. Mais il supposoit outre cela la proportion constante des Sinus, que nous venons de prouver par ces seuls divers degrez de vitesse : ou bien, ce qui vaut autant, il supposoit outre ces diverses vitesses, que la lumière employoit en ce passage le moindre temps possible, pour en conclurre la proportion constante des Sinus. Sa demonstration, qui se voit dans ses ouvrages imprimez & dans le livre des lettres de Mr. Des Cartes, est fort longue; c'est pourquoy je donne icy cette autre plus simple & plus facile.

Soit la surface plane $K F$; le point A dans le diaphane que la lumière traverse plus facilement, comme l'air; le point C dans un autre plus difficile à penetrer, comme l'eau; & qu'un



rayon soit venu de A , par B en C , ayant esté rompu en B suivant la loy peu auparavant démontrée; c'est à dire qu'ayant mené $P B Q$, qui coupe le plan à angles droits, le sinus de l'angle $A B P$ au sinus de l'angle $C B Q$ ait la mesme raison que la vitesse de la lumière dans le diaphane, où est A , à sa vitesse où est C . Il faut démonstrer que les temps

du passage de la lumière par $A B$ & $B C$, pris ensemble, sont les plus courts qu'ils peuvent estre. Prenons qu'elle soit venue par d'autres lignes, & premierement par $A F$, $F C$, en forte que le point de refraction F soit plus distant que B du point A , & soit $A O$, perpendiculaire sur

AB , FO parallele à AB ; BH perpendiculaire sur FO , & FG sur BC .

Puisque donc l'angle HBF est égal à PBA , & l'angle BFG égal à QBC ; il s'ensuit que le sinus de l'angle HBF aura aussi au sinus de BFG la mesme raison que la vitesse de la lumiere dans le diaphane A , à sa vitesse dans le diaphane C . Mais ces sinus sont les droites HF , BG , en prenant BF pour demi-diametre d'un cercle. Donc ces lignes, HF , BG ont entre elles ladite raison des vitesses. Et partant le temps de la lumiere par HF , supposé que le rayon fut OF , seroit égal au temps par BG au dedans du diaphane C . Mais le temps par AB est égal au temps par OH ; donc le temps par OF est égal au temps par AB , BG . Derechef le temps par FC est plus long que par GC , donc le temps par OFC sera plus long que par ABC . Mais AF est plus grande que OF , donc le temps par AFC excedera d'autant plus le temps par ABC .

Prenons maintenant que le rayon soit venu de A en C par AK , KC ; le point de refraction AK estant plus près de A que n'est le point B ; & soit CN perpendiculaire sur BC , KN parallele à BC : BM perpendiculaire sur KN , & KL sur BA .

Icy BL & KM sont les sinus des angles BKL , KBM , c'est à dire des angles PBA , QBC ; & partant elles sont entre elles comme la vitesse de la lumiere dans le diaphane A , à la vitesse dans le diaphane C . Donc le temps par LB est égal au temps par KM ; & puis que le temps par BC est égal au temps par MN , le temps par LBC sera égal au temps par KMN . Mais le temps par AK est plus long que par AL : donc le temps par AKN est plus long que par ABC . Et KC estant plus longue que KN , le temps par AKC surpassera d'autant plus le temps par ABC . Ainsi il paroît que le temps par ABC est le plus court qu'il peut estre: ce qu'il falloit demonstrier.

C H A P I T R E IV.

D E L A R E F R A C T I O N D E L ' A I R .

Nous avons montré comment le mouvement , qui fait la lumiere, s'estend par des ondes spheriques dans une matiere homogene. Et il est évident que lorsque la matiere n'est pas homogene , mais de telle constitution que le mouvement s'y communique plus viste vers un costé que vers un autre , ces ondes ne sçauroient estre spheriques , mais qu'elles doivent prendre leur figure suivant les differens espaces que le mouvement successif parcourt en des temps egaux.

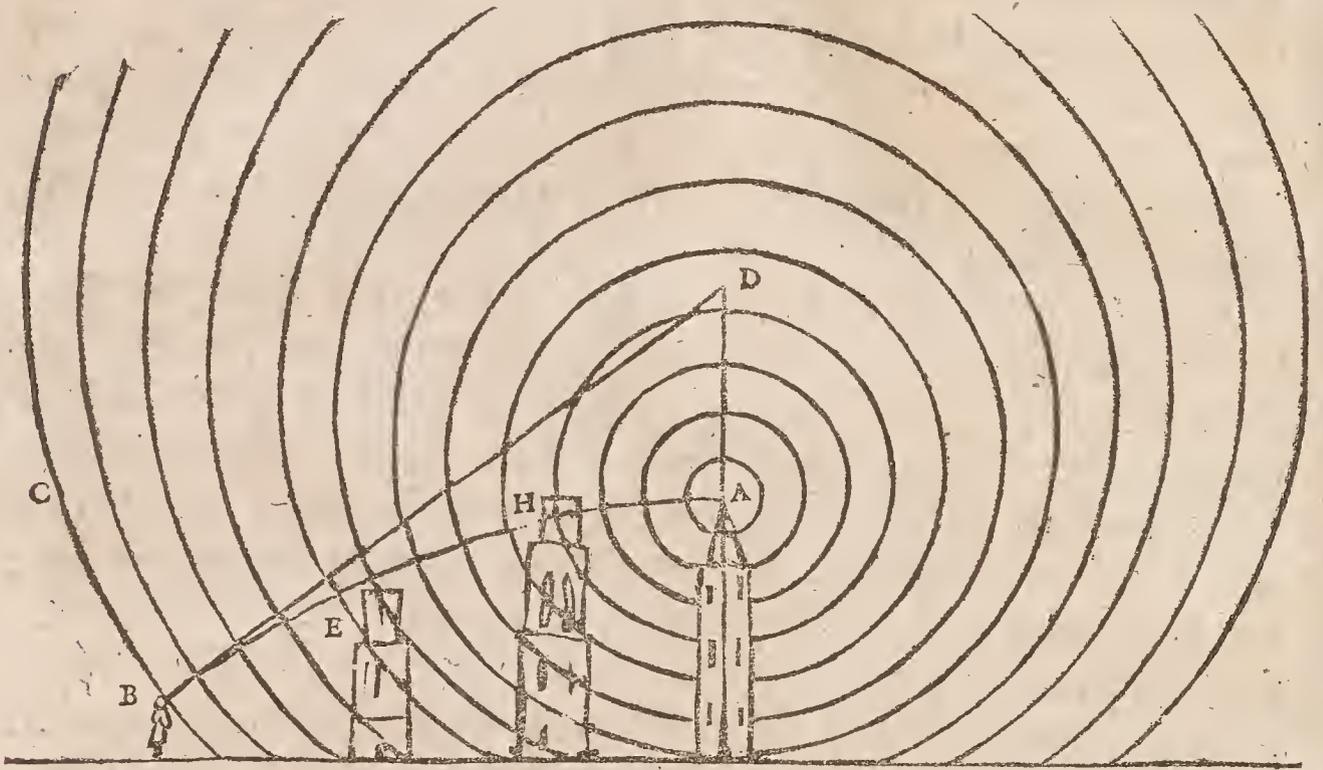
C'est par là que nous expliquerons premierement les refractions qui se font dans l'air , qui s'estend d'icy aux nuës & au delà ; desquelles refractions les effets sont fort remarquables ; car c'est par elles que nous voyons souvent des objets que la rondeur de la Terre nous devoit autrement cacher ; comme des Isles & des sommets de montagnes lorsqu'on est sur mer. Par elles aussi le Soleil & la Lune paroissent levez auparavant qu'ils le soient en effet , & couchez plus tard ; de sorte qu'on a veu souvent la Lune eclipsée que le Soleil paroissoit encore dessus l'horizon. Et ainsi les hauteurs du Soleil & de la Lune , & celles de toutes les étoiles paroissent tousjours un peu plus grandes , par ces mesmes refractions , qu'elles ne sont dans la verité , comme sçavent les Astronomes. Mais il y a une experience qui rend cette refraction fort visible ; qui est qu'en fixant une lunette d'approche en quelqu'endroit , en sorte qu'elle regarde un objet éloigne de demie lieuë ou plus , comme un clocher ou une maison , si on y regarde à des heures differen-

tes du jour , la laissant tousjours attachée de mesme , l'on verra que ce ne seront pas les mesmes endroits de l'objet qui se presenteront au milieu de l'ouverture de la lunette, mais que d'ordinaire le matin & le soir , lorsqu'il y a plus de vapeurs près de la Terre , ces objets semblent monter plus haut , en sorte que la moitié ou d'avantage n'en sera plus visible ; & qu'ils baisseront vers le midy quand ces vapeurs seront dissipées.

Ceux qui ne considerent la refraction que dans les surfaces qui distinguent des corps transparens de diverse nature , auroient peine à rendre raison de tout ce que je viens de rapporter : mais suivant nostre Theorie la chose est fort aisée. L'on sçait que l'air qui nous environne, outre les particules qui luy sont propres , & qui nagent dans la matiere etherée , comme il à esté expliqué , se remplit encore de particules d'eau , que l'action de la chaleur eleve ; & l'on à reconnu d'ailleurs par de tres certaines experiences , que la densité de l'air diminue à mesure qu'on y monte plus haut. Or soit que les particules de l'eau & celles de l'air participent, par le moyen des particules de la matiere etherée, du mouvement qui fait la lumiere , mais qu'elles soient d'un ressort moins prompt que celles-cy ; ou que la rencontre , & l'embarras que ces parties d'air & d'eau donnent à la propagation du mouvement des particules etherées , en retarde le progres ; il s'ensuit que les unes & les autres , volant parmy les particules etherées, doivent rendre l'air , depuis une grande hauteur jusqu'à la Terre , par degrez , moins facile à l'extension des ondes de la lumiere.

D'où la figure des ondes doit devenir telle environ que cette figure la represente. Sçavoir si A est une lumiere , ou une pointe visible d'un clocher , les ondes qui en naissent doi-

vent s'étendre plus amplement vers en haut , & moins vers en bas , mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils

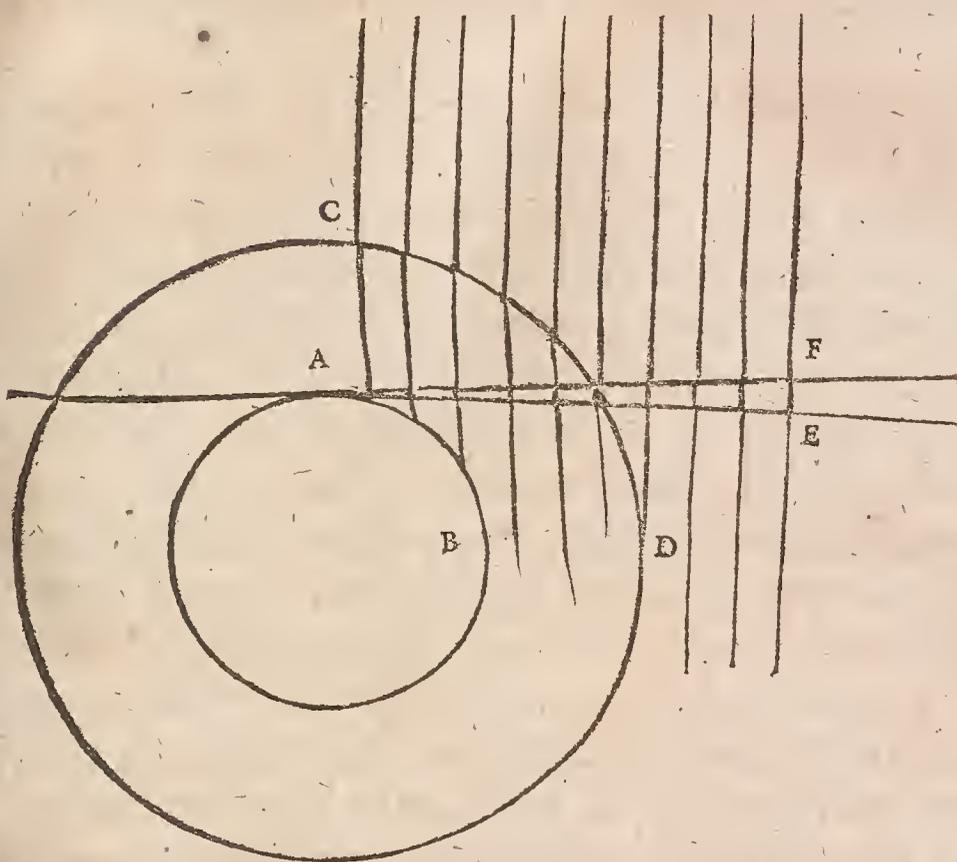


approchent de ces deux extremes. Ce qui estant , il s'en suit necessairement que toute ligne , qui coupe une de ces ondes à angles droits , passe au dessus du point A , si ce n'est la seule qui est perpendiculaire à l'horizon.

Soit B C l'onde qui porte la lumiere au spectateur qui est en B , & que B D soit la droite qui coupe cette onde perpendiculairement. Or parce que le rayon ou la ligne droite , par laquelle nous jugeons l'endroit où l'objet nous paroît , n'est autre chose que la perpendiculaire à l'onde qui arrive à nostre oeil , comme l'on peut entendre par ce qui à esté dit cy dessus , il est manifeste que le point A s'appercevra comme estant dans la droite B D , & ainsi plus haut qu'il n'est en effet.

De mesme si la Terre est A B , & l'extremité de l'Atmosphere

CD ; qui vraisemblablement n'est pas une surface spherique



bien terminée, puisque nous sçavons que l'air se rarefie à mesure qu'on y monte plus haut, parce qu'il en a d'autant moins au dessus de luy qui le presse ; les ondes de la lumiere du soleil venant, par exemple, en forte que, tant qu'elles n'ont

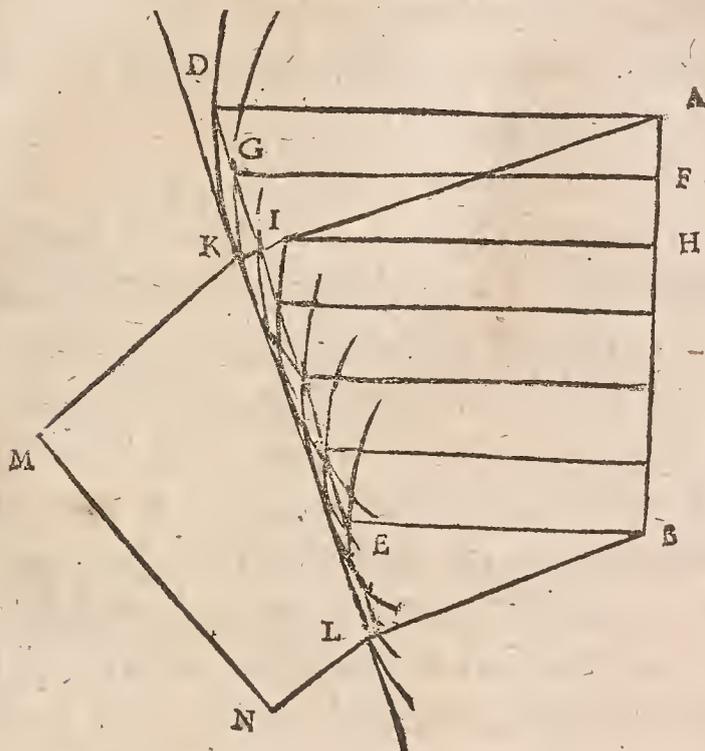
pas atteint l'Atmosphere CD, la droite AE les coupe perpendiculairement: ces memes ondes, entrant dans l'Atmosphere, doivent avancer plus vite aux endroits elevez que dans ceux qui sont plus près de la Terre. De forte que si CA est l'onde qui porte la lumiere au spectateur, en A, son endroit C sera le plus avancé; & la droite AF, qui coupe cette onde à angles droits, & qui determine le lieu apparent du Soleil, passera au dessus du Soleil veritable, qui seroit vû par la ligne AE. Et ainsi il peut arriver que ne devant point estre visible sans vapeurs, parce que la ligne AE rencontre la rondeur de la Terre, il s'apercevra par la refraction dans la ligne AF. Mais cet angle EAF n'est jamais guere plus grand que d'un demi degré, parce que la tenuité des vapeurs n'altere que bien peu les ondes de la lumiere. De plus ces refractions ne sont pas tout à fait constantes en tout temps,

sur tout dans les petites hauteurs de 2 ou 3 degrez ; ce qui vient de la differente quantité de vapeurs aqueuses qui s'elevent de la Terre.

Et cecy mesme est cause qu'en de certains temps un objet éloigné sera caché derriere un autre moins éloigné, & qu'il pourra estre vû dans un autre temps, quoique l'endroit d'où l'on regarde soit tousjours le mesme. Mais la raison de cet effet fera encore plus evidente par ce que nous allons remarquer touchant la courbure des rayons. Il paroît par les choses expliquées cy dessus que le progrez, ou la propagation d'une particule d'une onde de lumiere, est proprement ce qu'on appelle un rayon. Or ces rayons au lieu qu'ils sont droits dans des diaphanes homogenes, doivent estre courbes dans un air d'inegale penetrabilité. Car ils suivent necessairement la ligne qui, depuis l'objet jusqu'à l'œil, coupe toutes les progressions des ondes à angles droits, ainsi que dans la premiere figure fait la ligne AEB , comme il sera montré cy après ; & c'est cette ligne qui determine quels corps interposez nous doivent empescher de voir l'objet ou non. Car bien que la pointe du clocher A paroisse élevée en D , pourtant elle ne paroîtroit pas à l'œil B si la tour H estoit entre deux, parce qu'elle traverse la courbe AEB . Mais la tour E , qui est au dessous de cette courbe, n'empesche point la pointe A d'estre veüe. Or selon que l'air proche de la Terre excède en densité celuy qui est plus élevé, la courbure du rayon AEB devient plus grande ; de sorte qu'en certains temps il passe au dessus du sommet E , ce qui fait apercevoir la pointe A à l'œil en B ; & en d'autres temps il est interrompu par la mesme tour E , ce qui cache A à ce mesme œil.

Mais pour demonstrier cette courbure des rayons conformement à toute nostre precedente Theorie, imaginons nous que AB soit une parcelle d'onde de lumiere venant du costé C , la quelle nous pouvons considerer comme une ligne droite. Posons
aussi

qu'elle soit perpendiculaire à l'Horizon; l'endroit B estant plus



proche de la Terre que l'endroit A; & qu'à cause des vapeurs moins embarrassantes en A qu'en B, l'onde particuliere qui procede du point A s'estend par un certain espace AD, pendant que l'onde particuliere qui procede du point B s'estend par un espace moindre BE; estant AD, BE paralleles à l'Horizon. De plus, supposant des droites FG, HI &c. tirées d'une infinité de

points dans la droite AB, & terminées par la droite (ou qui peut estre considerée comme telle) DE, soient par toutes ces lignes representées les diverses penetrabilitez dans les differentes hauteurs de l'air entre A & B; de sorte que l'onde particuliere, née du point F, s'elargira de l'espace FG, & celle du point H de l'espace HI, pendant que celle du point A s'etend par l'espace AD.

Or si des centres A, B l'on décrit les cercles DK, EL, qui representent l'estendue des ondes qui naissent de ces deux points, & que l'on mene la droite KL qui touche ces deux cercles, il est aisé de voir que cette mesme ligne sera la tangente commune de tous les autres cercles qui ont esté decrits des centres F, H, &c. & que tous les points de contact tomberont dans la partie de cette ligne qui est comprise entre les perpendiculaires AK, BL. Donc ce sera la droite KL qui terminera le mouvement des

des ondes particulieres nées des points de l'onde AB , & ce mouvement fera plus fort entre les points KL que par tout ailleurs dans le mesme instant, puis qu'une infinité de circonferences concourent à former cette droite. Et partant KL sera la propagation de la partie d'onde AB , suivant ce qui a esté dit en expliquant la reflexion & la refraction ordinaire. Or il paroît que AK , BL baissent vers le costé ou l'air est moins aisé à pénétrer : car AK estant plus longue que BL , & luy estant parallele, il s'enfuit que les lignes AB , KL , estant prolongées, concourent du costé L . Mais l'angle K est droit, donc KAB est necessairement aigu, & partant moindre que DAB . Que si l'on cherche de mesme maniere le progres de la partie d'onde KL , on la trouvera dans un autre temps parvenue en MN , en sorte que les perpendiculaires KM , LN baissent encore plus que AK , BL . Et cecy fait assez voir que le rayon se continue suivant la ligne courbe qui coupe toutes les ondes à angles droits, comme il a esté dit.

C H A P I T R E V.

DE L'ESTRANGE REFRACTION DU CRISTAL D'ISLANDE.

I. **L'**on apporte d'Islande, qui est une Isle de la Mer Septentrionale, à la hauteur de 66. degrez, une espece de Cristal, ou pierre transparente, fort remarquable par sa figure, & autres qualitez, mais sur tout par celle de ses estranges refractions. Dont les causes m'ont semblé d'autant plus dignes d'estre curieusement recherchées, que parmy les corps diaphanes celuy cy seul, à l'égard des rayons de la lumiere, ne suit pas les regles ordinaires. J'ay mesme eu quelque necessité de faire cette recherche, parcé que les refractions de ce Cristal sembloient renverser nostre explication precedente de la refraction reguliere.

guliere ; laquelle , au contraire , l'on verra qu'elles confirment beaucoup , apres estre reduites au mesme principe. C'est dans l'Islande qu'on trouve de gros morceaux de ce Cristal, dont j'en ay veu de 4 ou 5 livres. Mais il en croit aussi en d'autres pays : car j'en ay eu de la mesme espece qu'on avoit trouvé en France près de la ville de Troyes en Champagne , & d'autre qui venoit de l'Isle de Corse , quoique l'un & l'autre moins clair , & seulement en petits morceaux , à peine capables de faire remarquer quelque effet de la refraction.

2. La premiere connoissance , qu'en a eu le public, est deuë à Mr. Erasme Bartholin, qui a donné la description du cristal d'Islande avec celle de ses principaux phenomenes. Mais je ne laisseray pas de donner icy la mienne, tant pour l'instruction de ceux qui n'auront pas vû son livre , que parce que dans quelques uns de ces phenomenes il y a un peu de difference entre ses observations & celles que j'ay faites : m'estant appliqué avec beaucoup d'exactitude à examiner ces proprietes de la refraction , afin d'en estre bien seur devant que d'entreprendre d'en éclaircir les causes.

3. Si l'on regarde à la dureté de cette pierre , & à la qualité qu'elle a de pouvoir estre facilement fenduë , il faut plutôt l'estimer estre une espece de Talc , que non pas du Cristal. Car une pointe de fer l'entame aussi facilement que d'autre Talc , ou que de l'Albâtre , dont il égale la pesanteur.

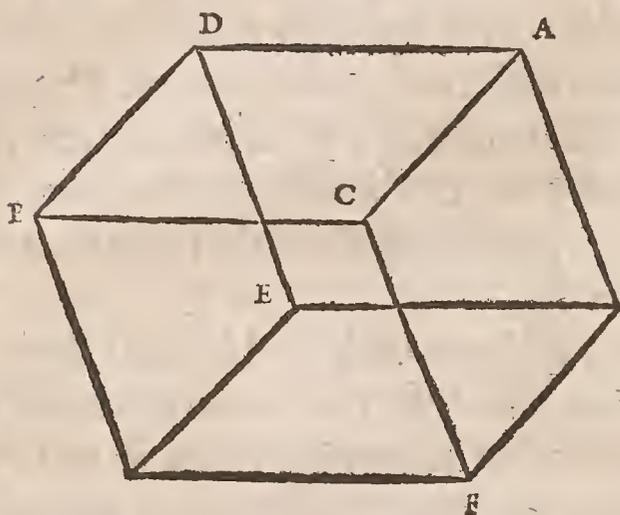
4. Les morceaux qu'on en trouve sont de la figure d'un parallelepiped oblique ; chacune des six faces estant un parallelogramme ; & il souffre d'estre fendu selon toutes les trois dimensions , parallelement à deux de ces faces opposées. Mesme tellement , si l'on veut , que toutes les six faces soient des rhombes égaux & semblables. La figure icy ajoutée represente un morceau de ce Cristal. Les angles obtus de tous les parallelogrammes , comme icy les angles C , D , sont de 101 degrés , 52 minutes , &

G

par

par consequent les aigus, comme A & B, de 78 degrez, 8 min.

5. Des angles solides il y en a deux opposez, comme C, E, qui sont chacun composez de



trois angles plans obtus & égaux. Les autres six sont composez de deux angles aigus, & d'un obtus. Tout ce que je viens de dire a esté remarqué de mesme par Mr. Bartholin, dans le traité susdit, si ce n'est que nous differons quelque peu dans la quantité des angles. Il rapporte encore quelques autres

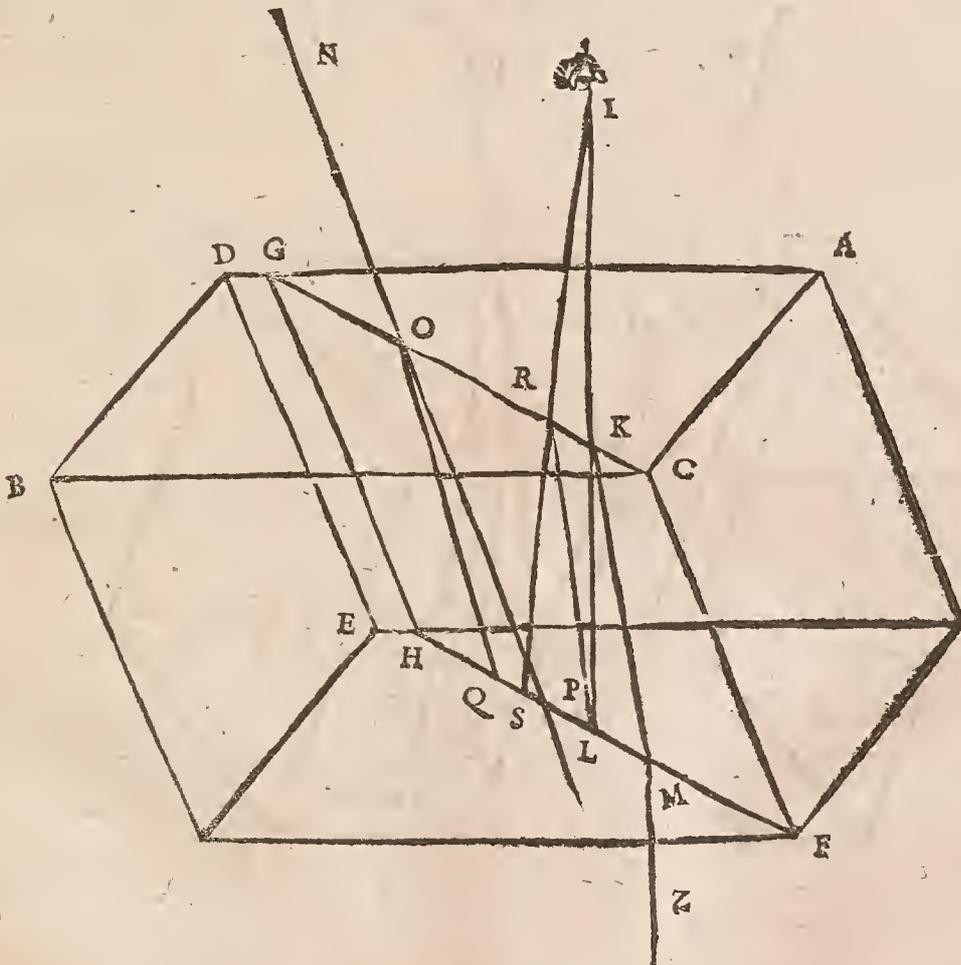
proprietez de ce Cristal, sçavoir qu'estant frotté contre du drap, il attire des brins de paille & autres choses legeres, ainsi que font l'ambre, le diamant, le verre & la cire d'Espagne. Qu'un morceau estant couvert d'eau pendant un jour ou d'avantage, sa surface perd son poli naturel. Et que quand on y verse de l'eau forte dessus, elle fait ebullition; sur tout, à ce que j'ay trouvé, si l'on met le Cristal en poudre. J'ay aussi expérimenté qu'on le peut rougir au feu, sans qu'il en soit aucunement alteré, ny rendu moins diaphane; mais qu'un feu fort violent pourtant le calcine. Sa transparence n'est guere moindre que celle de l'eau ou du Cristal de roche, & sans aucune couleur. Mais les rayons de lumiere y passent d'une autre façon, & produisent ces merveilleuses refractions, dont je vay tâcher maintenant d'expliquer les causes; remettant à la fin de ce Traité de dire mes conjectures touchant la formation & la figure extraordinaire de ce Cristal.

6. Dans tous les autres corps transparens que nous connoissons, il n'y à qu'une seule & simple refraction, mais dans

dans celuy cy il y en a deux differentes. Ce qui fait que les objets que l'on voit à travers, sur tout ceux qui sont appliquez tout contre, paroissent doubles; & qu'un rayon du soleil, tombant sur une de ses surfaces, se partage en deux, & traverse ainsi le Cristal.

7. C'est encore une loy generale dans tous les autres corps transparens, que le rayon, qui tombe perpendiculairement sur leur surface, passe tout droit sans souffrir de refraction; & que le rayon oblique se rompt tousjours. Mais dans ce Cristal le rayon perpendiculaire souffre refraction, & il y a des rayons obliques qui le passent tout droit.

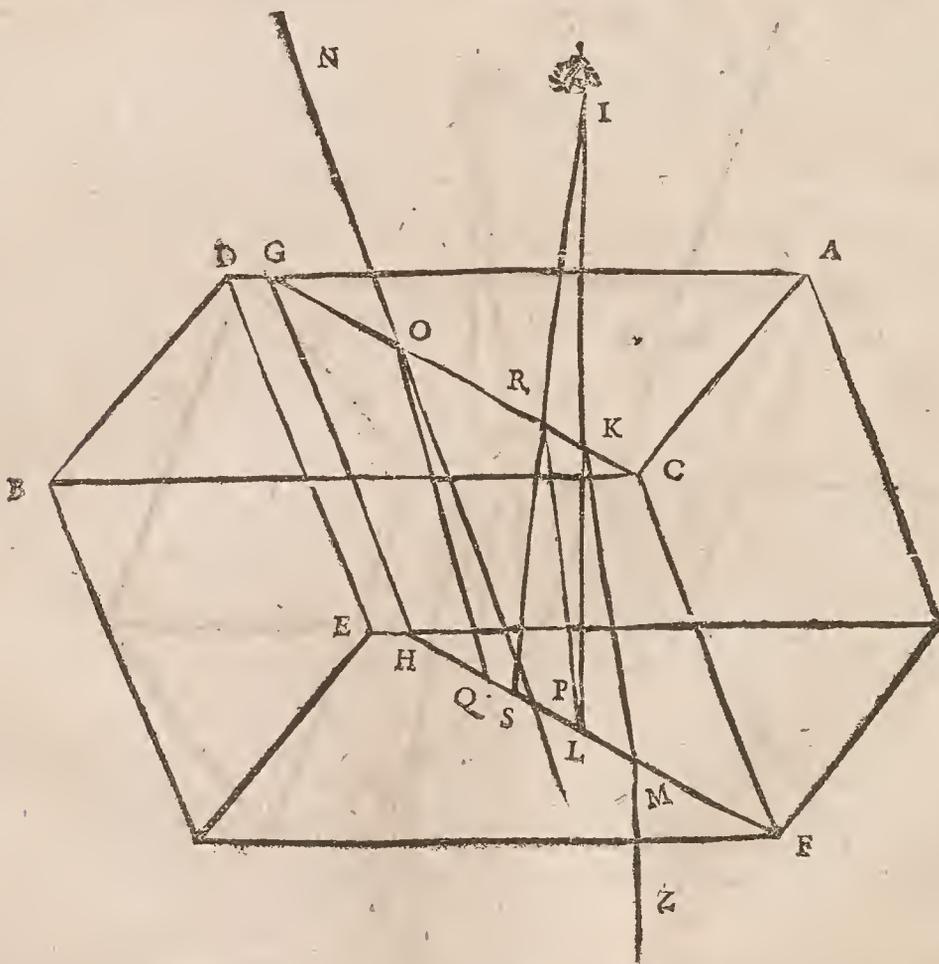
8. Mais pour expliquer plus particulièrement ces phenome-



nes, soit derechef un morceau du mesme Cristal $ABFE$, & soit
 G 2 divi-

divisé l'angle obtus $A C B$, l'un des trois qui font l'angle solide équilateral C , en deux parties égales par la droite $C G$, & que l'on conçoive que le Cristal soit coupé par un plan qui passe par cette ligne & par le costé $C F$, lequel plan sera necessairement perpendiculaire à la surface $A B$, & sa section dans le Cristal fera un parallelogramme $G C F H$. Nous apellerons cette section la section principale du Cristal.

9. Or si l'on couvre la surface $A B$, en y laissant seulement une petite ouverture au point K , pris dans la droite $C G$; & qu'on l'expose au soleil, en sorte que ses rayons donnent dessus perpendiculairement; le rayon $I K$ se divisera au point K en deux, dont l'un continuera d'aller droit par $K L$, & l'autre s'é-



cartera par la droite $K M$ qui est dans le plan $C G H F$, & qui fait

fait avec KL un angle d'environ 6 degrez, 40 minutes, tendant du costé de l'angle solide C ; & en sortant de l'autre costé du cristal, il se remettra en MZ parallele à IK . Et comme par cette refraction extraordinaire le point M est veu par le rayon rompu MKI , que je suppose aller à l'oeil I ; il faut que le point L , par cette mesme refraction, soit vû par le rayon rompu LRI , en sorte que LK soit comme parallele à MK , si la distance de l'oeil KI est supposée fort grande. Le point L paroît donc comme estant dans la droite IKS ; mais le mesme point par la refraction ordinaire paroît aussi dans la droite IK ; donc il est necessairement jugé double. Et de mesme si L est un petit trou, dans une feuille de papier ou d'autre matiere qu'on aura appliquée contre le cristal, il paroîtra, en le tournant contre le jour, comme s'il y avoit deux trous; qui seront d'autant plus distans l'un de l'autre que le cristal aura plus d'épaisseur.

10. Derechef si l'on tourne le Cristal en sorte qu'un rayon incident du soleil, NO , que je suppose estre dans le plan continué de $GCFH$, fasse sur CG un angle de 73 degrez & 20 min. & qu'il soit par consequent presque parallele au costé CF , qui fait sur FH un angle de 70 degrez, 57 min. suivant le calcul que je mettray à la fin; il se partagera en deux rayons au point O , desquels l'un continuera par OP en ligne droite avec NO , & sortira de mesme de l'autre costé du cristal sans se rompre aucunement, mais l'autre se rompra & ira par OQ . Et il faut noter qu'il est particulier au plan par GCF , & à ceux qui luy sont paralleles, que tous les rayons incidens qui sont dans un de ces plans, continuent d'y estre après qu'ils sont entrez dans le cristal & devenus doubles; car il en est autrement dans les rayons de tous les autres plans qui coupent le cristal, comme nous ferons voir après.

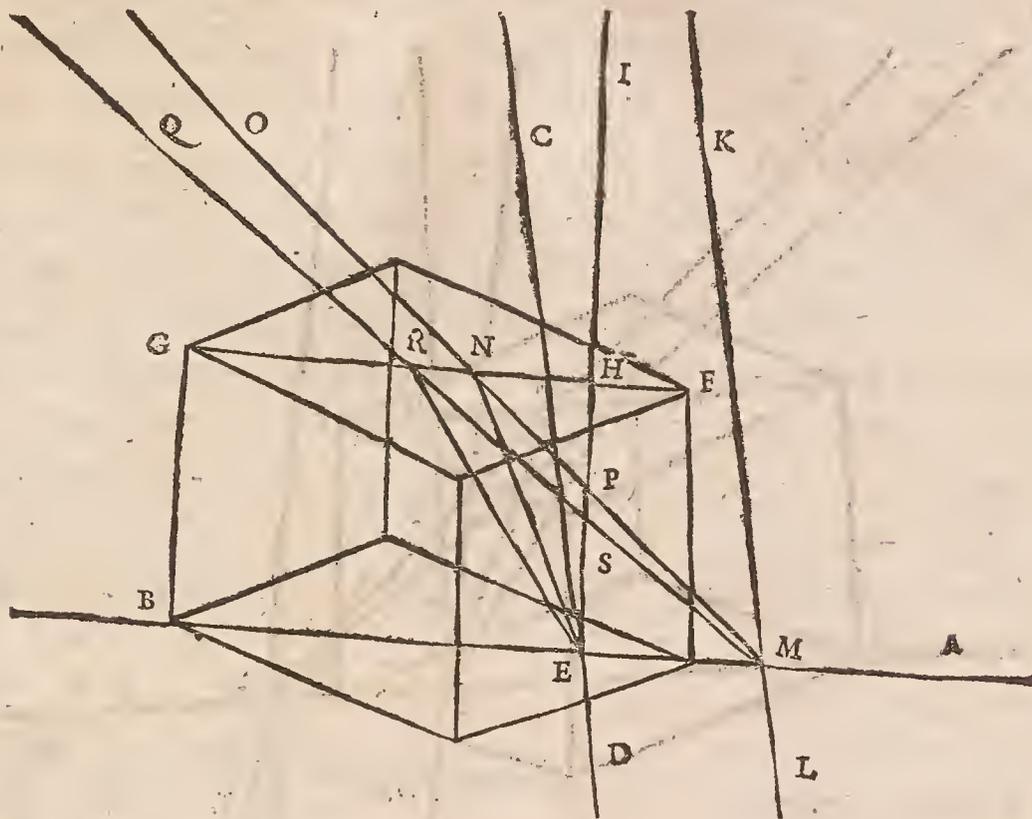
11. J'ay reconnu d'abord par ces experiences & par quelques autres, que des deux refractions differentes que le rayon souffre dans ce cristal, il y en a une qui suit les regles ordi-

naires; & que c'est elle à qui appartiennent les rayons KL , & oq . C'est pourquoy j'ay distingué cette refraction ordinaire d'avec l'autre, & l'ayant mesurée par des observations exactes, j'ay trouvé que sa proportion, considérée dans les Sinus des angles que fait le rayon incident & rompu avec la perpendiculaire, estoit assez précisément celle de 5 à 3, comme elle a aussi esté trouvée par Mr. Bartholin; & par consequent bien plus grande que celle du cristal de Roche, ou du verre, qui est à peu près de 3 à 2.

12. La maniere de faire exactement ces observations est telle. Il faut tracer sur un papier, attaché sur une table bien unie, une ligne noire AB , & deux autres qui la coupent à angles droits CED , KML , plus ou moins distantes l'une de l'autre selon qu'on veut examiner un rayon plus ou moins oblique: & poser le cristal sur l'intersection E , en sorte que la ligne AB convienne à celle qui divise également l'angle obtus de la surface d'en bas, ou à quelque ligne parallele. Alors en plaçant l'oeil directement au dessus de la ligne AB , elle ne paroitra que simple, & l'on verra que sa partie veüe à travers le cristal, avec les parties qui paroissent au dehors, se rencontreront en ligne droite; mais la ligne CD paroitra double, & l'on distinguera l'image qui vient de la refraction reguliere, de ce qu'elle paroît plus elevée que l'autre lorsqu'on regarde avec les deux yeux, ou bien de ce qu'en tournant le cristal sur le papier, elle demeure ferme, au lieu que l'autre image remuë & tourne tout autour.

L'on placera ensuite l'oeil en I (demeurant toujours dans le plan perpendiculaire par AB) en sorte qu'il voye l'image de la ligne CD , qui vient de la refraction reguliere, faire une ligne droite avec le reste de cette ligne, qui est dehors le cristal. Et marquant alors sur la surface du cristal le point H , où paroît l'intersection E , ce point sera directement au dessus de E . Puis on retirera l'oeil vers o , toujours dans le plan perpendiculaire
par

par AB , en sorte que l'image de la ligne CD , qui se fait par la refraction ordinaire, paroisse en ligne droite avec la ligne KL



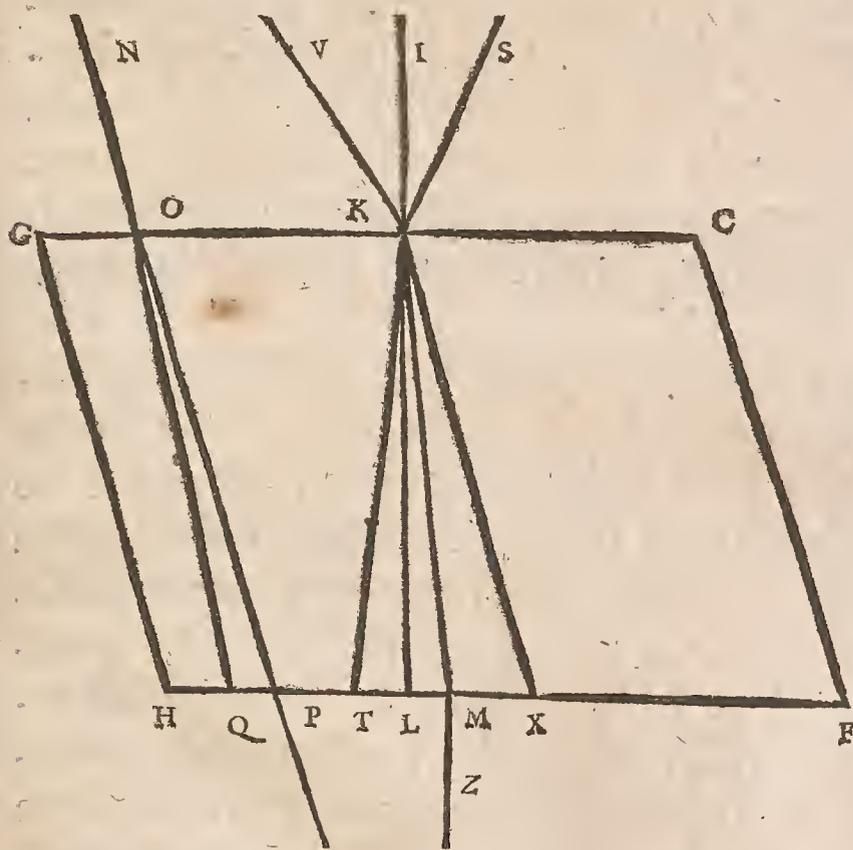
vuë sans refraction; & l'on marquera sur le cristal le point N , où paroît le point d'interfection E .

13. L'on connoitra donc la longueur & la position des lignes NH , EM , & HE qui est l'épaisseur du cristal; lesquelles lignes estant tracées à part sur un plan, & joignant alors NE , & NM qui coupe HE en P , la proportion de la refraction sera celle de EN , à NP , parce que ces lignes sont entre elles comme les sinus des angles NPH , NEP , qui sont égaux à ceux que le rayon incident ON , & sa refraction NE font avec la perpendiculaire à la surface. Cette proportion, comme j'ay dit, est assez précisément comme de 5 à 3, & tousjours la mesme dans toutes les inclinaisons du rayon incident.

14. La mesme maniere d'observer m'a aussi servi à examiner

la refraction extraordinaire, paroissoit dans la ligne $c d$ vuë sans refraction) je trouvay dis-je alors que l'angle $q r g$ estoit de 73 degrez, 20 minutes, comme il a esté des-ja remarqué, & qu'ain- si ce n'est pas le rayon parallele au costé du cristal, qui le traverse en droite ligne sans se rompre, comme a crû Mr. Bar- tholin; puisque son inclinai-son n'est que de 70 degrez 57 mi- nutes, comme il a esté dit cy dessus. Ce qui est à noter, afin qu'on ne cherche pas en vain la cause de la proprieté singuliere de ce rayon, dans son parallelisme ausdits costez.

17. Enfin continuant mes observations pour découvrir la nature de cette refraction, j'ay pris qu'elle gardoit cette regle remarquable qui s'ensuit. Soit tracé à part le parallelogramme



$G C F H$, fait par la section principale du cristal cy devant déterminée. Je trou- vay donc que tous- jours, quand les in- clinai-sons de deux rayons qui vienent de costez opposez, comme icy $v k$, $s k$, sont égales, leurs refractions $k x$ & $k t$ rencontrent la droite du fond $H F$ en sorte, que les points x & t sont également distans

du point m , où tombe la refraction du rayon perpendiculaire $i k$; ce qui a aussi lieu dans les refractions des autres sections de ce cristal. Mais devant que de parler de celles-là, qui ont

H

enco-

encore d'autres proprietéz particulieres, nous rechercherons les causes des phenomenes que j'ay desja raportez.

Ce fut après avoir expliqué la refraction des corps transparens ordinaires, par le moyen des émanations spheriques de la lumiere, ainsi que dessus, que je repris l'examen de la nature de ce Cristal, ou je n'avois rien pu decouvrir auparavant.

18. Comme il-y avoit deux refractions differentes, je conclus qu'il y avoit aussi deux differentes emanations d'ondes de lumiere, & que l'une se pouvoit faire dans la matiere etherée repandue dans le corps du cristal. Laquelle matiere estant en beaucoup plus grande quantité que n'est celle des particules qui le composent, estoit seule capable de causer la transparence, suivant ce qui a esté expliqué cy devant. J'attribuay à cette émanation d'ondes la refraction reguliere qu'on observe dans cette pierre; en supposant ces ondes de forme spherique à l'ordinaire, & d'une extension plus lente au dedans du cristal qu'elles ne sont au dehors: d'où j'ay fait voir que procede la refraction.

19. Quant à l'autre émanation qui devoit produire la refraction irreguliere, je voulus essaier ce que feroient des ondes Elliptiques; ou pour mieux dire spheroides; lesquelles je supposay qu'elles s'estendoient indifferemment, tant dans la matiere etherée repandue dans le cristal, que dans les particules dont il est composé; suivant la derniere maniere dont j'ay expliqué la transparence. Il me sembloit que la disposition, ou arrangement regulier de ces particules, pouvoit contribuer à former les ondes spheroides, (n'estant requis pour cela si non que le mouvement successif de la lumiere s'étendît un peu plus vite en un sens qu'en l'autre,) & je ne doutay presque point qu'il n'y eust dans ce cristal un tel arrangement de particules égales & semblables, à cause de sa figure & de ses angles d'une mesure certain-

certaine & invariable. Touchant lesquelles particules, & leur forme & disposition, je proposeray sur la fin de ce Traité mes conjectures, & quelques experiences qui les confirment.

20. La double émanation d'ondes de lumiere, que je m'estois imaginée, me devint plus probable apres certain phenomene que j'observay dans le cristal ordinaire qui croit en forme hexagone, & qui, à cause de cette regularité, semble aussi estre composé de particules de certaine figure & rangées avec ordre. C'estoit que ce cristal a une double refraction, aussi bien que celuy d'Islande, quoyque moins évidente. Car en ayant fait tailler des Prismes bien polis, par des sections différentes, je remarquay dans tous, en regardant la flame de la chandelle à travers, ou le plomb des vitres qui sont aux fenétres, que tout paroissoit double, quoyqu'avec des images peu distantes entre elles. D'où je crompris la raison pourquoy ce corps si transparent est inutile aux Lunettes d'approche, quand elles ont tant soit peu de longueur.

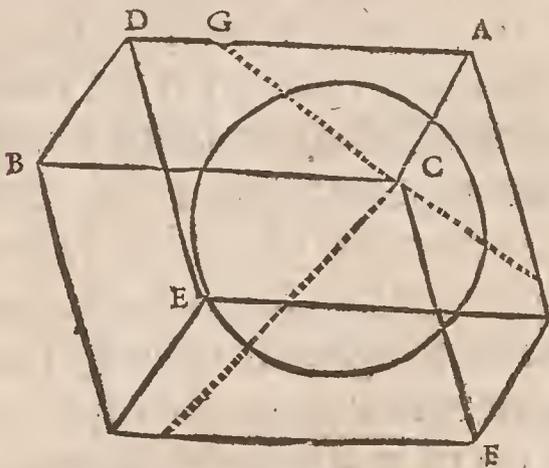
21. Or cette double refraction, suivant ma Theorie cy dessus établie, sembloit demander une double émanation d'ondes de lumiere, toutes deux spheriques (car les deux refractions sont regulieres) & les unes seulement un peu plus lentes que les autres. Car par là ce phenomene s'explique fort naturellement, en supposant les matieres, qui servent de vehicule à ces ondes, de mesme que j'ay fait dans le cristal d'Islande. J'eus donc moins de peine apres cela à admettre deux émanations d'ondes dans un mesme corps. Et pour ce que l'on pouvoit m'objecter qu'en composant ces deux cristaux de particules égales de certaine figure, & entassées regulierement, à peine les interstices que ces particules laissent & qui contiennent la matiere étherée, suffiroient pour transmettre les ondes de lumiere que j'y ay placées; j'ostay cette difficulté en considerant ces particules comme estant d'un tissu fort rare, ou bien composées

obliques au plan AB , ainsi que l'est AV , $\frac{1}{2}$ axe ou $\frac{1}{2}$ grand diamètre du sphéroïde SVT , qui représente l'onde particulière venant du point A , après que l'onde RC est venue en AB . Je dis ou axe ou grand diamètre; parce que la même ellipse SVT peut être considérée comme section d'un sphéroïde dont l'axe est AZ , perpendiculaire à AV . Mais pour le présent sans terminer encore l'un ou l'autre, nous considérerons ces sphéroïdes seulement dans leurs sections qui font les ellipses dans le plan de cette figure. Or prenant un certain espace de temps pendant lequel, du point A , s'est étendue l'onde SVT ; il falloit que de tous les autres points K k B il se fît, dans le même temps, des ondes pareilles & semblablement posées que SVT . Et la commune tangente NQ de toutes ces demi-ellipses, estoit la propagation de l'onde RC dans le corps transparent proposé, par la Théorie de cy dessus. Parce que cette ligne est celle qui termine, dans un même instant, le mouvement qui a été causé par l'onde RC en tombant sur AB ; & où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs, comme étant faite des arcs infinis d'ellipses, dont les centres font le long de la ligne AB .

24. Or il paroïsoit que cette tangente commune NQ estoit parallèle à AB , & de même longueur, mais qu'elle ne luy estoit pas opposée directement, puisqu'elle estoit comprise des lignes AN , BQ , qui font les diamètres conjugués des ellipses qui ont A & B pour centres, à l'égard des diamètres qui font dans la droite AB . Et c'est ainsi que j'ay compris, ce qui m'avoit paru fort difficile, comment un rayon perpendiculaire à une surface pouvoit souffrir refraction en entrant dans le corps transparent; voyant que l'onde RC , étant venue à l'ouverture AB , continuoit de là en avant à s'étendre entre les parallèles AN , BQ demeurant pourtant elle même toujours parallèle à AB , de sorte qu'icy la lumière ne s'étend pas par des lignes

perpendiculaires à ses ondes, comme dans la refraction ordinaire, mais ces lignes coupent les ondes obliquement.

25. Cherchant ensuite quelle pouvoit estre la situation, & forme de ces spheroides dans le cristal, je consideray que toutes les six faces produisoient precisement les mesmes refractions. Reprenant donc le parallelepipedes $A F B$, dont l'angle solide obtus, compris de trois angles plans égaux, est C ; & y concevant les trois sections principales, dont l'une est perpendiculaire à la face $D C$, & passe par le costé $C F$, l'autre perpendiculaire à la face $B F$, passant par le costé $C A$, & la troisieme perpendiculaire à la face $A F$, passant par le costé $B C$; je sçavois que les refractions des rayons incidens, appartenans à ces trois plans, estoient toutes pareilles.

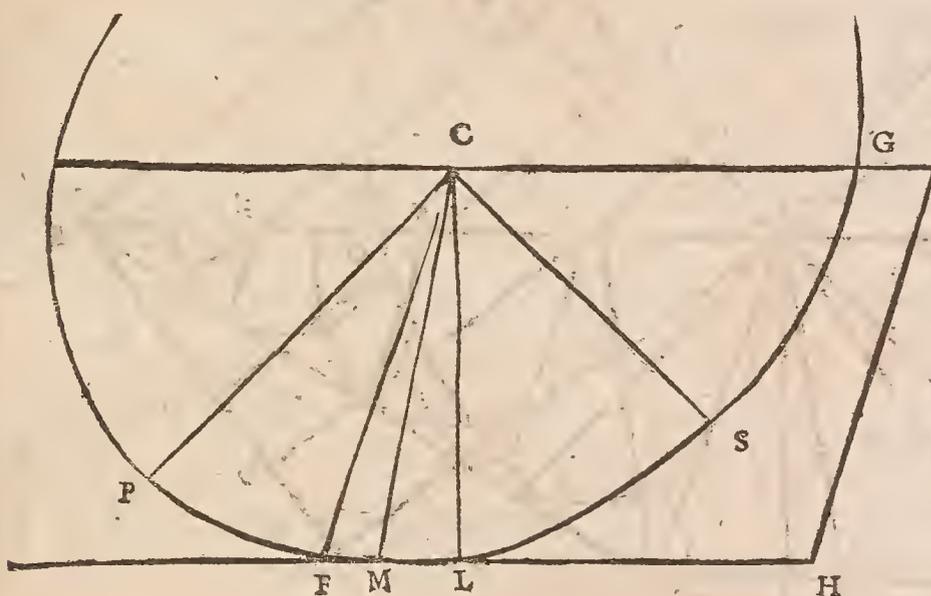


Mais il ne pouvoit y avoir de position de spheroide qui eut un mesme rapport à ces trois sections sinon de celui dont l'axe fût aussi l'axe de l'angle solide C . Partant je vis que l'axe de cet angle, c'est-à-dire la droite qui du point C traversoit le cristal avec inclinaison égale aux costez, $C F$, $C A$, $C B$, estoit la ligne qui determinoit la position des axes de toutes les ondes spheroides qu'on s'imaginait naistre de quelque point, pris au dedans ou à la surface du cristal, puisque tous ces spheroides devoient estre semblables, & avoir leurs axes paralleles entre eux.

26. Considerant apres cela le plan de l'une de ces trois sections, sçavoir de celle par $G C F$, dont l'angle C est de 109 degr. 3 min. puis que l'angle F estoit cy dessus de 70. degr. 57. min. & imaginant une onde spheroide autour du centre C ; je sçavois, parce que je viens d'expliquer, que son axe devoit estre dans ce mesme plan, duquel axe je marquay la moitié par $C S$ dans cette
autre

autre figure, & cherchant par le calcul (qui sera raporté avec les autres à la fin de ce discours) l'angle $G C S$, je le trouvay de 45 deg. 20 min.

27. Pour connoitre apres cela la forme de ce spheroïde, c'est-à-dire la proportion des demidiemetres $C S$, $C P$ de sa section elliptique, qui sont l'un à l'autre perpendiculaires, je consideray que le point M , où l'Ellipse est touchée par la droite $F H$, parallele à $C G$, devoit estre tellement située, que $C M$ avec la per-

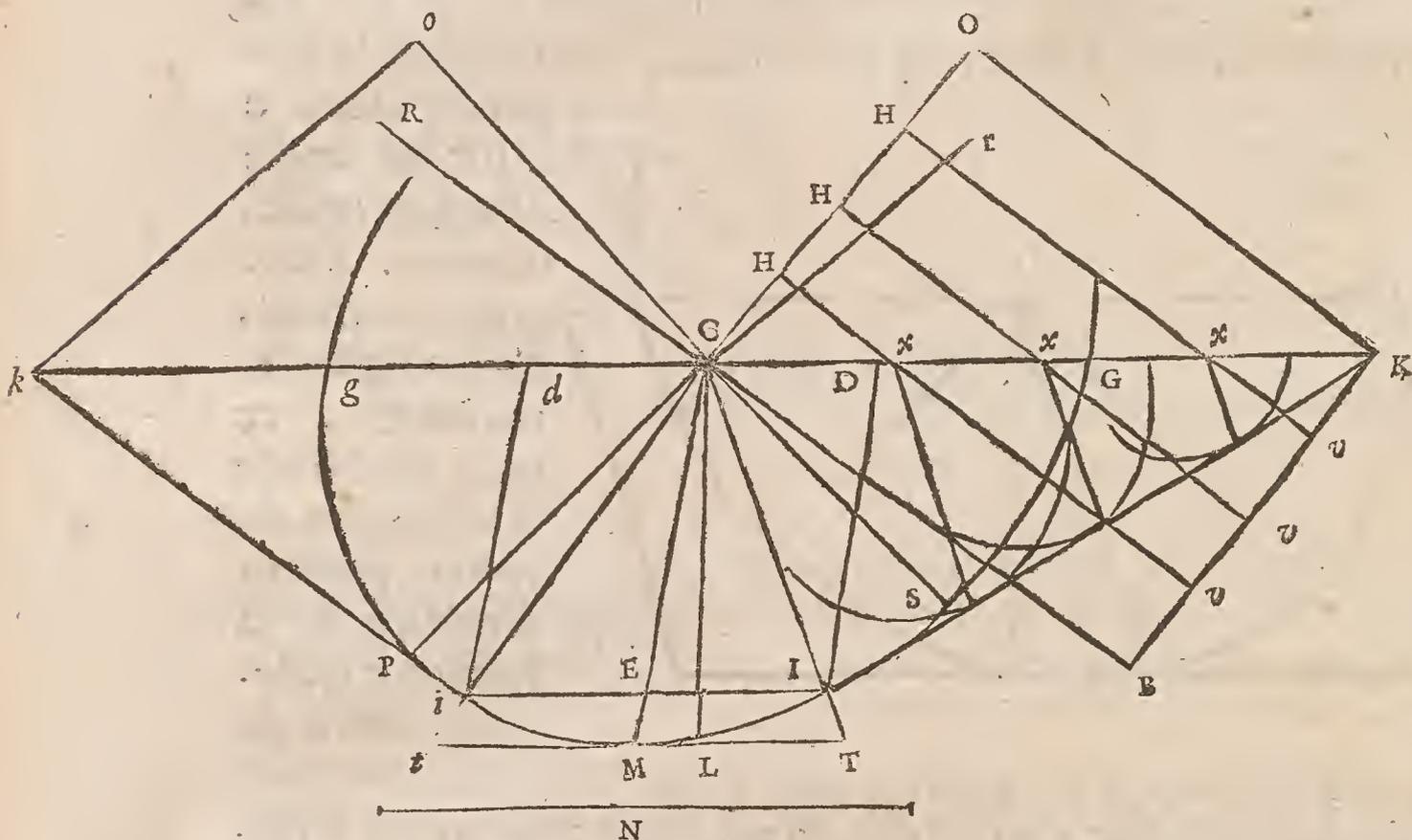


pendiculaire $C L$ fist un angle de 6 degrez, 40. minutes. Parce que, cela estant, cette ellipse satisfaisoit à ce qui a esté dit de la refraction du rayon perpendiculaire à la surface $C G$, lequel s'écarte de

la perpendiculaire $C L$ par ce mesme angle. Ce qui étant donc ainsi posé, & faisant $C M$ de 100000 parties, je trouvay par le calcul, qui sera mis à la fin, le demi grand diametre $C P$ de 105032, & le demi axe $C S$ de 93410, dont la raison & fort près comme de 9 à 8. de sorte que le spheroïde étoit de ceux qui ressemblent à une sphere comprimée, étant produit par la circulation d'une ellipse à l'entour de son petit diametre. Je trouvay aussi $C G$, demidiemetre parallele à la tangente $M L$, de 98779.

28. Or passant à la recherche des refractions que les rayons incidens obliques devoient faire, suivant l'hypothese de ces ondes spheroides, je vis que ces refractions dependoient de la pro-

proportion de la vitesse qui est entre le mouvement de la lumie-
re hors du cristal dans l'éther , & le mouvement au dedans
du mesme. Car supposant par exemple que cette proportion fût
telle que, pendant que la lumiere dans le cristal fait le spheroide
GSP, tel que je viens de dire, elle fasse au dehors une sphere dont
le demidiametre soit égal à la ligne N, laquelle sera déterminée



cy apres ; voicy la maniere de trouver la refraction des rayons
incidens. Soit un tel rayon RC, qui tombe sur la surface cκ.
Il faut faire cO perpendiculaire à RC, & dans l'angle κCO
ajuster Oκ, qui soit égale à N, & perpendiculaire à cO; puis me-
ner κI qui touche l'Ellipse GSP, & du point de contact I join-
dre IC, qui sera la refraction requise du rayon RC. Dont on
verra que la demonstration est tout à fait semblable à celle dont
nous nous sommes servis en expliquant la refraction ordinaire.
Car la refraction du rayon RC n'est autre chose que le progrès
de

de l'endroit c de l'onde co , continuée dans le cristal. Or les endroits h de cette onde, pendant le temps que o est venu en κ , seront arrivez à la surface $c\kappa$ par les droites hx , & auront de plus produit, dans le cristal, des ondes particulieres hemispheroides des centres x , semblables & semblablement posées avec l'hemispheroide $gs pg$; & dont les grands & les petits diametres auront mesme raison aux lignes xv (continuations des hx jusqu'à κb , parallele à co) que les diametres du spheroide $gs p$ ont à la ligne cb , ou n . Et il est bien aisé de voir que la commune tangente de tous ces spheroides, qui sont icy representez par des Ellipses, sera la droite ik : qui pour cela fera la propagation de l'onde co , & le point i celle du point c , conformément à ce qui a esté demonsté dans la refraction ordinaire.

Pour ce qui est de l'invention du point de contact i , l'on sçait qu'il faut trouver aux lignes $c\kappa$, cg la troisieme proportionnelle cd , & tirer di parallele à cm , determinée cy-devant, qui est le diametre conjugué à cg ; car alors, en menant κi , elle touche l'Ellipse en i .

29. Or de mesme que nous avons trouvé ci la refraction du rayon rc , l'on trouvera aussi ci celle du rayon rc , qui vient du costé opposé, en faisant co perpendiculaire à rc , & poursuivant le reste de la construction ainsi qu'auparavant.

Où l'on voit que si le rayon rc est également incliné avec rc , la ligne cd sera necessairement égale à cd , parce que ck est égale à $c\kappa$, & cg à cg . Et que par consequent iz sera coupée en e en parties égales par la ligne cm , à laquelle di , dz sont paralleles. Et parce que cm est le diametre conjugué à cg , il s'ensuit que zi sera parallele à gg . Partant si on prolonge les refractions ci , ci , jusqu'à ce qu'elles rencontrent la tangente ml en t & t , les distances mt , mt seront aussi égales. Et ainsi s'explique parfaitement, par nostre hypothese, le phe-

nomene cy dessus raporté; ſçavoir que quand il y a deux rayons également inclinez, mais venant de coftez oppofez, comme icy les rayons $R C$, $r c$, leurs refractions s'ecartent également de la ligne que ſuit la refraction du rayon perpendiculaire, en confiderant ces efcarts dans la parallele à la ſurface du criſtal.

30. Pour trouver la longueur de la ligne N , à proportion des $C P$, $C S$, $C G$, c'eſt par les obſervations de la refraction irreguliere qui ſe fait dans cette ſection du criſtal, qu'elle ſe doit determiner; & je trouve par là que la raiſon de N à $C G$ eſt tant ſoit peu moindre que de 8 à 5. Et ayant encore égard à d'autres obſervations & phenomenes, dont il ſera parlé apres, je mets N de 156962 parties, deſquelles le demidiametre $C G$ eſt trouvé en contenir 98779; ce qui fait cette raiſon de 8 à 5 $\frac{1}{5}$. Or cette proportion, qui eſt entre la ligne N & $C G$, ſe peut appeller la Proportion de la Refraction; de meſme que dans le verre celle de 3 à 2; comme il ſera manifeſte apres que j'auray expliqué icy un abregé de la maniere precedente pour trouver les refractions irregulieres.

31. Suppoſé donc, dans cette autre figure, comme auparavant, la ſurface du criſtal $g G$, l'Ellipse $G P g$, & la ligne N ; & $C M$ la refraction du rayon perpendiculaire $F C$, duquel elle s'écarte de 6 degrez, 40 minutes, ſoit maintenant quelqu'autre rayon $R C$, dont il faille trouver la refraction.

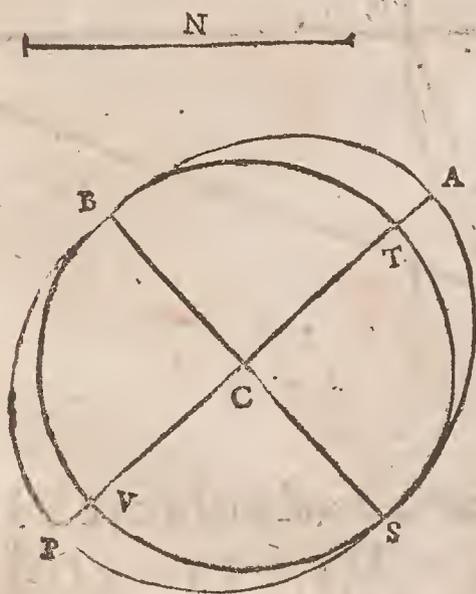
Du centre c , avec le demidiametre $C G$, ſoit decrite la circonſerence $g R G$, coupant le rayon $R C$ en R ; & ſoit $R V$ perpendiculaire ſur $C G$. Puis tousjours, comme la ligne N à $C G$ ainſi ſoit $C V$ à $C D$, & ſoit menée $D I$ parallele à $C M$, coupant l'Ellipse $g M G$ en I ; alors joignant $C I$, ce ſera la refraction requiſe du rayon $R C$. Ce qui ſe demonſtre ainſi.

Soit $C O$ perpendiculaire à $C R$, & dans l'angle $O C G$ ſoit ajuſtée $O K$ égale à N , & perpendiculaire à $C O$, & menée la droite

les Sinus des angles que font le rayon incident, & rompu, avec la perpendiculaire, il y a icy une telle proportion entre $c v$ & $c D$, ou $I E$, c'est à dire, entre le Sinus de l'angle que fait le rayon incident avec la perpendiculaire, & l'appliquée dans l'Ellipse, interceptée entre la refraction de ce rayon, & le diametre $c m$. Car la raison de $c v$ à $c D$, comme il a esté dit, est toujours la mesme que de n au demidiametre $c G$.

33. J'ajouteray icy, devant que de passer outre, qu'en comparant ensemble la refraction reguliere, & irreguliere de ce cristall, il y a cela de remarquable que, si $A B P S$ est le spheroides par lequel s'estend la lumiere dans le Cristall dans un certain espace de temps; laquelle extension, comme il a esté dit, sert à la refraction irreguliere; alors la sphere inscrite $B V S T$ est l'etendue, dans ce mesme espace de temps, de la lumiere qui sert à la refraction reguliere.

Car nous avons dit cy devant, que, la ligne n estant le rayon d'une onde spherique de lumiere dans l'air, pendant que dans



le cristall elle s'estendoit par le spheroides $A B P S$, la raison de n à $c s$ estoit de 156962 à 93410. Mais il a aussi esté dit que la proportion de la refraction reguliere estoit de 5 à 3; c'est à dire que, n estant le rayon d'une onde spherique de lumiere dans l'air, son extension dans le cristall faisoit, en mesme espace de temps, une sphere dont le rayon estoit à n , comme 3 à 5. Or 156962 est à 93410 comme 5 à 3 moins $\frac{1}{47}$.

De sorte que c'est assez prés, & peut estre exactement, la sphere $B V S T$ que fait la lumiere pour la refraction reguliere dans le cristall, pendant qu'elle y fait le spheroides $B P S A$

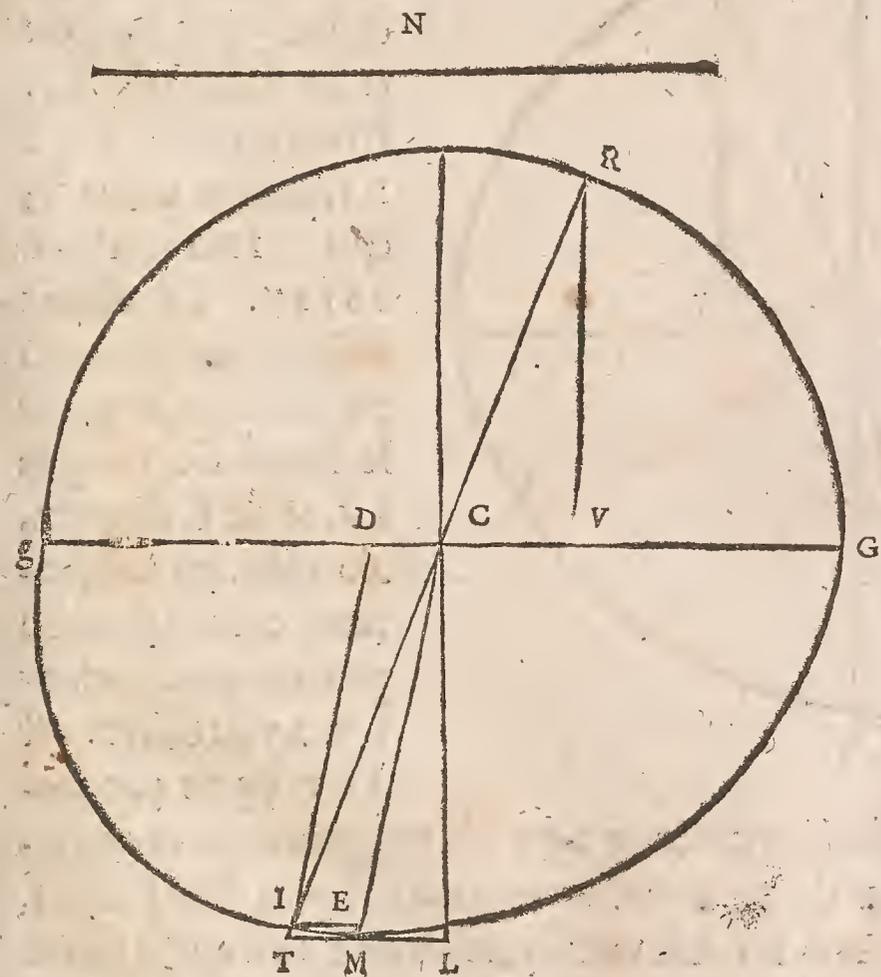
pour

pour la refraction irreguliere, & pendant qu'elle fait la sphere au rayon N en l'air, hors du cristal.

Quoyqu'il y ait donc, selon ce que nous avons pose, deux differentes extensions de la lumiere dans ce cristal, il paroît que c'est seulement dans le sens des perpendiculaires à l'axe BS du spheroides, que l'une des extensions est plus vite que l'autre; mais qu'elles sont d'égale vitesse en l'autre sens, sçavoir en celuy des paralleles au mesme axe BS , qui est aussi l'axe de l'angle obtus du cristal.

34. Je montreray maintenant que, la proportion de la refraction estant telle que l'on vient de voir, il faut qu'il s'ensui-

ve de là cette propriété notable du rayon qui, tombant obliquement sur la surface du cristal, le passe sans souffrir de refraction. Car supposant les mesmes choses que devant, & que le rayon RC fasse sur la surface GG l'angle RCG de 73 degrez, 20 min. penchant du mesme costé que le cristal, duquel rayon il a esté parallé dessus: si l'on cherche, par la ma-

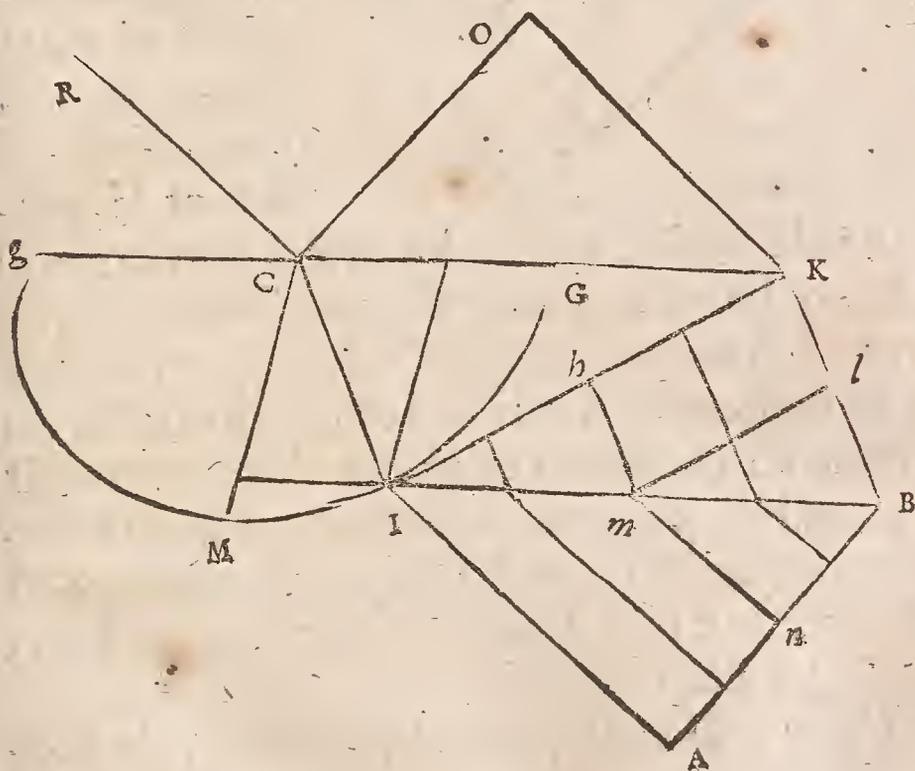


nere cy devant expliquée, la refraction CI ; l'on trouvera qu'elle

face opposée du cristal, doit encore passer tout droit, par la demonstration suivante; qui prouve que la reciprocation des refractions s'observe dans ce cristal de mesme que dans les autres corps diaphanes, c'est-à-dire que si un rayon RC , en rencontrant la surface du cristal CG , se rompt en CI ; le rayon CI , sortant par la surface opposée & parallele du cristal, que je suppose estre IB , aura sa refraction IA parallele au rayon RC .

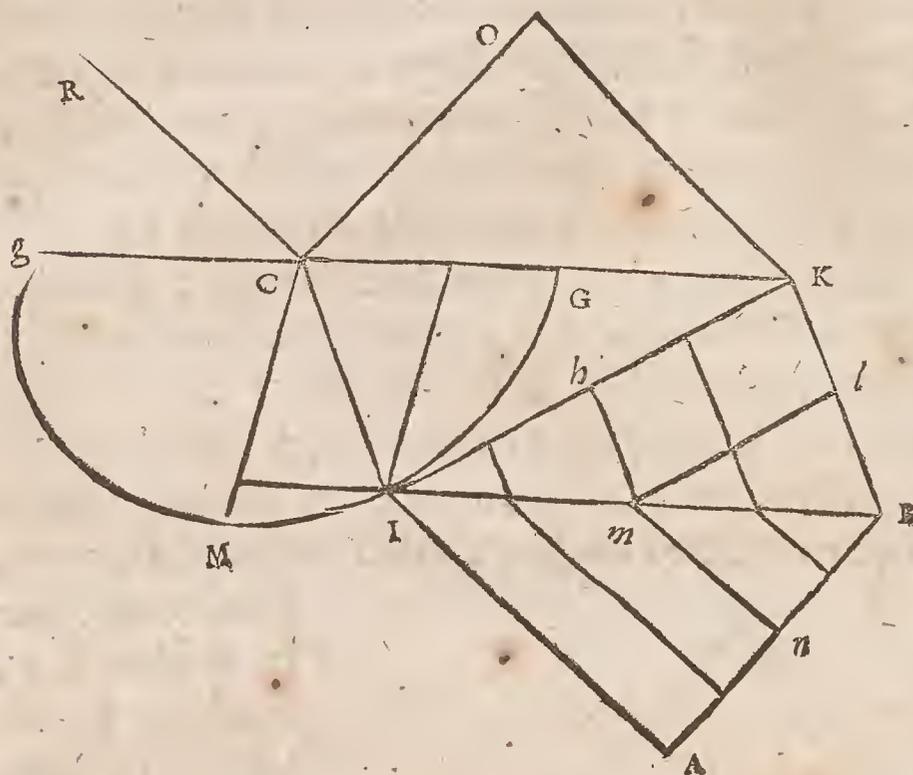
Soient posées les mesmes choses qu'auparavant, c'est-à-dire que CO , perpendiculaire à CR , represente une portion d'onde, dont la continuation dans le cristal soit IK , de sorte que l'endroit C se fera continué par la droite CI , pendant que O est venu en K . Que si l'on prend maintenant un second temps égal au premier, l'endroit K de l'onde IK , dans ce second temps,

fera avancé par la droite KB , égale & parallele à CI ; parce que tout endroit de l'onde CO , en arrivant à la surface CK , doit continuer dans le cristal de mesme que l'endroit C ; & dans ce mesme temps il se fera du point I , dans



l'air, une onde spherique particuliere ayant le demidiametre IA égal à KO , puisque KO a esté parcouruë dans un temps égal. De mesme si l'on considere quelqu'autre point de l'onde IK , comme b , il

h , il ira par hm , parallele à ci , rencontrer la surface ie , pendant que le point k parcourt kl égale à hm : & pendant que celui cy



a cheve le reste lB , il se fera fait du point m une onde particuliere, dont le demidiametre mn , aura telle raison à lB que IA à KB . D'où il est évident que cette onde du demidiametre mn , & l'autre du demidiametre IA , auront la mes-

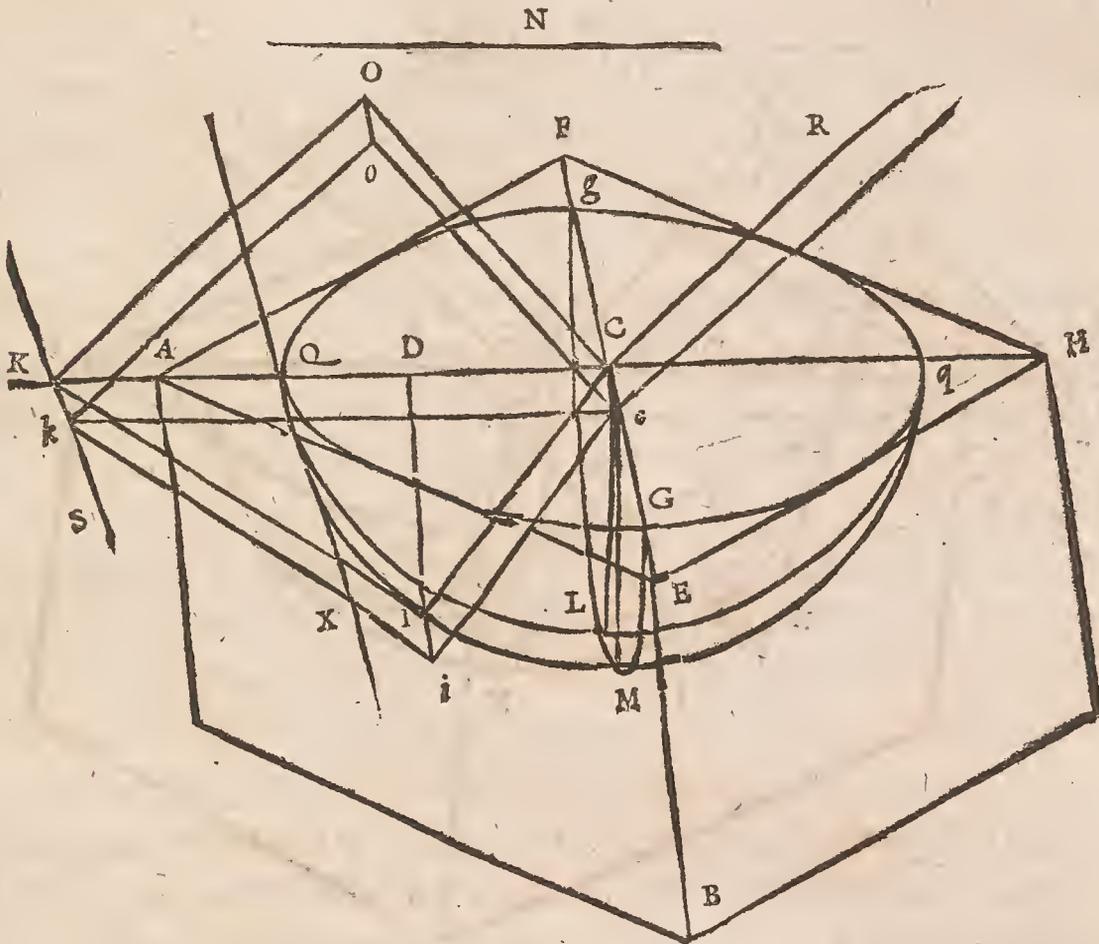
me tangente BA . Et de mesme toutes les ondes particulieres spheriques qui se feront faites hors du cristal par l'impulsion de tous les points de l'onde ik contre la surface de l'Ether IB . C'est donc precisement la tangente BA qui sera, hors du cristal, la continuation de l'onde ik , lorsque l'endroit k est venu en B . Et par consequent IA , qui est perpendiculaire à BA , sera la refraction du rayon ci , en sortant du cristal. Or il est clair que IA est parallele au rayon incident rc , puisque IB est égale à ck , & IA égale à ko , & les angles A & O droits.

L'on voit donc que, suivant nostre hypothese, la reciprocation des refractions a lieu dans ce cristal, aussi bien que dans les corps transparens ordinaires; ce qui se trouve ainsi en effet par les observations.

36. Je passe maintenant à la consideration des autres sections du

du cristal, & des refractions qui s'y produisent, desquelles, comme l'on verra, dependent d'autres phenomenes fort remarquables.

Soit le parallelepipede du cristal ABH , & la surface d'en haut $A E H F$ un rombe parfait, dont les angles obtus soient di-



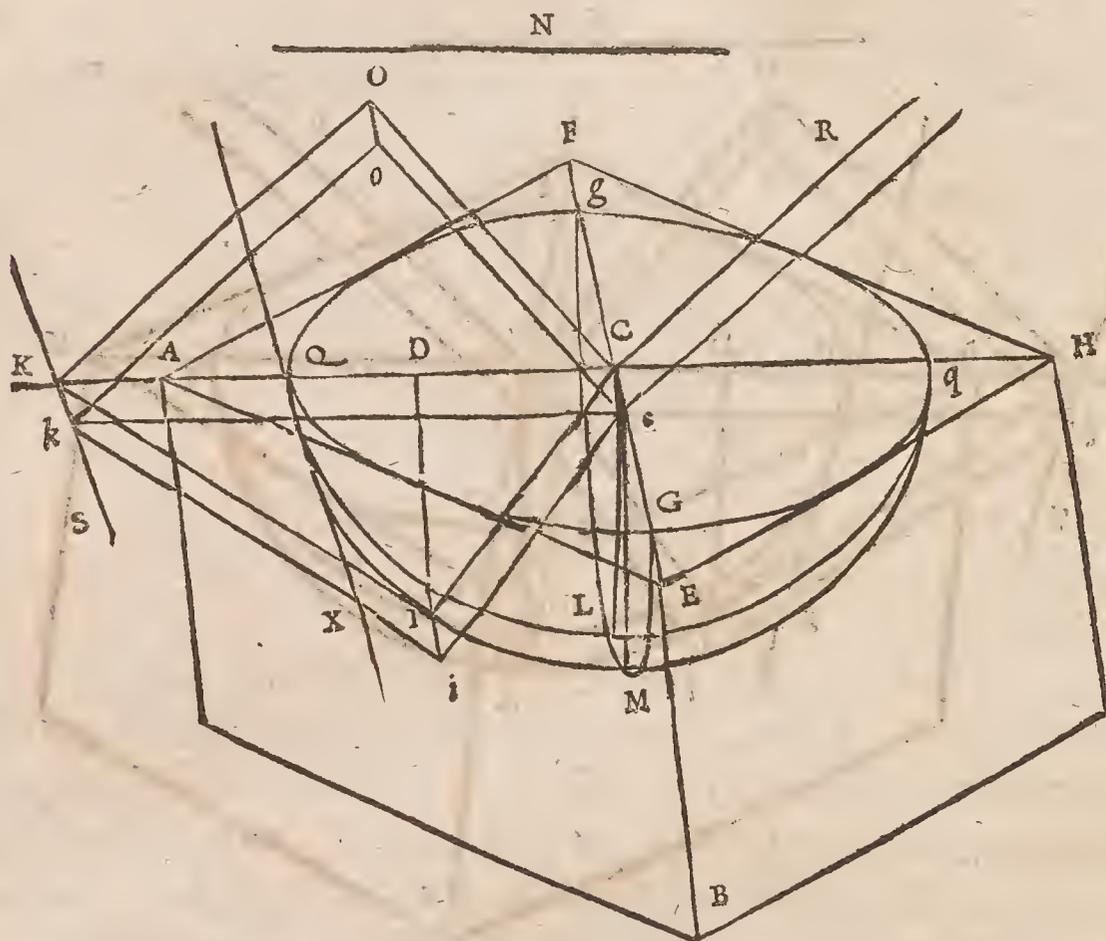
visez également par la droite EF , & les angles aigus par la droite AH , perpendiculaire à FE .

La section, que nous avons considerée jusqu'icy, est celle qui passe par les lignes EF , EB , & qui en mesme temps coupe le plan $A E H F$ à angles droits; de laquelle les refractions ont cela de commun avec les refractions des diaphanes ordinaires, que le plan qui est mené par le rayon incident, & qui coupe à angles droits la surface du cristal, est celuy dans lequel se trouve aussi le

K

rayon

rayon rompu. Mais les refractions qui appartiennent à toute autre section de ce cristal, ont cette étrange propriété, que le rayon rompu sort toujours du plan du rayon incident, perpendiculaire à la surface, & se détourne du côté du panchant du cristal. De quoy nous ferons voir la raison premierement dans la



section par AH ; & nous montrerons en mesme temps, comment on y peut déterminer les refractions suivant nostre hypothese. Soit donc dans le plan qui passe par AH , & qui est perpendiculaire au plan $AFHE$, le rayon incident RC ; & qu'il faille trouver sa refraction dans le cristal.

37. Du centre c , que je suppose estre dans l'interfection de AH & FE , soit imaginé un demi spheroid $QGqgm$, tel que doit faire la lumiere en s'estendant dans le cristal, & que sa section

tion, par le plan $A E H F$, fasse l'Ellipse $Q G q g$; dont le grand diametre $Q q$, qui est dans la ligne $A H$, fera necessairement un des grands diametres du spheroides; parce que l'axe du spheroides estant dans le plan par $F E B$, auquel $Q C$ est perpendiculaire, il s'ensuit que $Q C$ est aussi perpendiculaire à l'axe du spheroides, & partant $Q C q$ un de ses grands diametres. Mais le petit diametre de cette Ellipse, $G g$, aura à $Q q$ la raison qui a esté définie cy devant, N^o. 27, entre $C G$ & le demi grand diametre du spheroides, $C P$, sçavoir celle de 98779 à 105032.

Soit la longueur de la ligne N le trajet de la lumiere dans l'air, pendant que dans le cristallin, du centre C , elle fait le spheroides $Q G q g M$; & , ayant mené $C O$ perpendiculaire au rayon $C R$, & qui soit dans le plan par $C R$ & $A H$, soit ajustée, dans l'angle $A C O$, la droite $O K$ égale à N , & perpendiculaire à $C O$, & qu'elle rencontre la droite $A H$ en K . Posant ensuite que $C L$ soit perpendiculaire à la surface du cristallin $A E H F$, & que $C M$ soit la refraction du rayon qui tombe perpendiculairement sur cette mesme surface, soit mené un plan par la ligne $C M$ & par $K C H$, faisant dans le spheroides la demiellipse $Q M q$, qui sera donnée, puisque l'angle $M C L$ est donné de 6 degr. 40 min. Et il est certain, suivant ce qui a esté expliqué cy dessus, N^o. 27, qu'un plan qui toucheroit le spheroides au point M , où je suppose que la droite $C M$ rencontre sa surface, seroit parallele au plan $Q G q$. Si donc par le point K l'on tire maintenant $K S$ parallele à $G g$, qui sera aussi parallele à $Q x$, tangente de l'Ellipse $Q G q$ en Q , & que l'on conçoive un plan passant par $K S$, & qui touche le spheroides; le point de contact sera necessairement dans l'Ellipse $Q M q$, par ce que ce plan par $K S$, aussi bien que le plan qui touche le spheroides au point M , sont paralleles à $Q x$ tangente du spheroides: car cette consequence sera démontrée à la fin de ce Traité. Que ce point de contact soit en I , faisant proportionnelles $K C$, $Q C$, $D C$, & menant $D I$ parallele à $C M$; & qu'on

joigne $c i$. Je dis que $c i$ fera la refraction requise du rayon rc . Ce qui sera manifeste si, en considerant co , qui est perpendiculaire au rayon rc , comme une portion d'onde de lumiere, nous demontrons que la continuation de son endroit c se trouve dans le cristal en i , lorsque o est arrivé en k .

38. Or comme en demontrant, au Chap. de la Reflexion, que le rayon incident & reflechi étoient tousjours dans un mesme plan perpendiculaire à la surface reflechissante, nous avons consideré la largeur de l'onde de lumiere; de mesme il faut considerer icy la largeur de l'onde co dans le diametre gg . Prenant donc la largeur cc du costé de l'angle e , soit pris le rectangle $cooc$ comme une portion d'onde, & achevons les rectangles $ckkc$, $ciic$, $kiki$, $okko$. Dans le temps donc que la ligne oo est arrivée à la surface du cristal en kk , tous les points de l'onde $cooc$ sont arrivez au rectangle ck par des lignes paralleles à ok , & des points de leurs incidences il s'est, outre cela, fait des demispheroides particuliers dans le cristal, semblables & semblablement posez au demispheroide $qm q$; lesquels vont necessairement tous toucher au plan du parallelogr. $kiki$ au, mesme instant que oo est en kk . Ce qui est aisé à comprendre, puisque tous ceux de ces demispheroides, qui ont leur centre le long de la ligne ck , touchent à ce plan dans la ligne ki , (car cela se demonstre de la mesme façon que nous avons demonstre la refraction du rayon oblique dans la section principale par EF) & que tous ceux, qui ont leurs centres dans la ligne cc , touchent le mesme plan ki dans la ligne ii ; estant tous ceux cy pareils au demispheroide $qm q$. Puisque donc le rectangle ki est celuy qui touche tous ces spheroides, ce mesme rectangle fera precisement la continuation de l'onde $cooc$ dans le cristal, lorsque oo est parvenue en kk , à cause de la termination du mouvement, & de la quantité qui s'y en trouve plus que par tout ailleurs: & ainsi il paroît que l'endroit

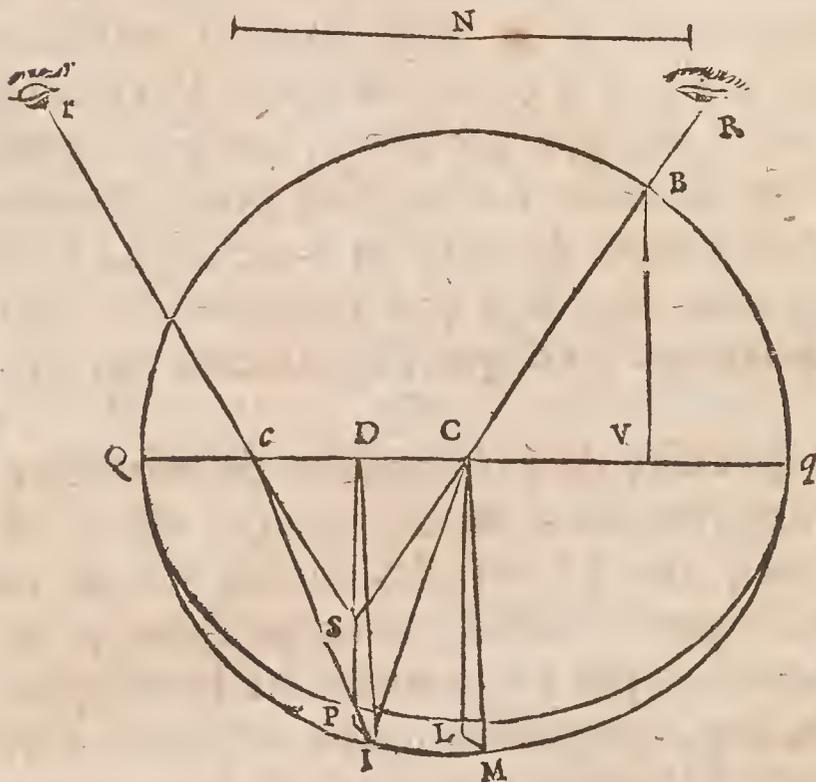
droit c de l'onde $COOC$ a sa continuation en I , c'est-à-dire que le rayon RC se rompt en CI .

Où il est à noter, que la proportion de la refraction pour cette section du cristall est celle de la ligne N au demidiametre cQ : par laquelle on trouvera facilement les refractions de tous les rayons incidens, de la mesme maniere que nous avons montré cy devant pour ce qui est de la section par FE ; & la demonstration fera la mesme. Mais il paroît que ladite proportion de la refraction est moindre icy que dans la section par FEB ; car elle estoit là comme de N à CG , c'est-à-dire de 156962 à 98779, fort près comme de 8 à 5; & icy elle est de N à cQ demi grand diametre du spheroides, c'est-à-dire de 156962 à 105032, fort près comme de 3 à 2, mais tant soit peu moindre. Ce qui s'accorde encore parfaitement à ce que l'on trouve par observation.

39. Au reste cette diversité de proportions de refraction produit un effet fort singulier dans ce Cristall, qui est qu'en le posant sur un papier, où il y ait des lettres ou autre chose marquée; si on regarde dessus, avec les deux yeux situez dans le plan de la section par EF , on voit les lettres plus élevées par cette refraction irreguliere, que lorsqu'on met les yeux dans le plan de la section par AH ; & la difference des elevations paroît par l'autre refraction ordinaire de ce cristall, dont la proportion est comme de 5 à 3, & qui eleve ces lettres tousjours également, & plus haut que ne fait la refraction irreguliere. Car on voit les lettres, & le papier où elles sont écrites, comme dans deux étages differens tout à la fois; & dans la premiere situation des yeux, sçavoir quand ils sont dans le plan par AH , ces deux étages sont quatre fois plus éloignés l'un de l'autre que lors que les yeux sont dans le plan par EF .

Nous montrerons que cet effet s'enfuit de ces refractions ; ce qui servira en mesme temps à faire connoitre le lieu apparent d'un point d'objet , placé immédiatement sous le cristal , suivant la differente situation des yeux.

40. Voions premierement de combien la refraction irreguliere du plan par AH doit hausser le fond du cristal. Que le plan de cette figure icy represente separement la



section par Qq & CL , dans laquelle section est aussi le rayon RC , & que le plan demielliptique, par Qq & CM , soit incliné au premier , comme auparavant , d'un angle de 6 deg. 40 min. dans lequel plan est donc CI la refraction du rayon RC .

Que si l'on considere maintenant le point I comme au fond du Cristal , & qu'il soit vû par les rayons ICR , ICr , rompus également aux points c ; qui doivent estre également distans de D ; & que ces rayons rencontrent les deux yeux en Rr . Il est certain que le point I paroitra élevé en s , ou concourent les droites RC , rC ; lequel point s est dans DP , perpendiculaire à Qq . Et si sur DP on mene la perpendiculaire IP , qui sera toute couchée au fond du cristal , la longueur SP fera l'exhaussement apparent du point I au dessus de ce fond.

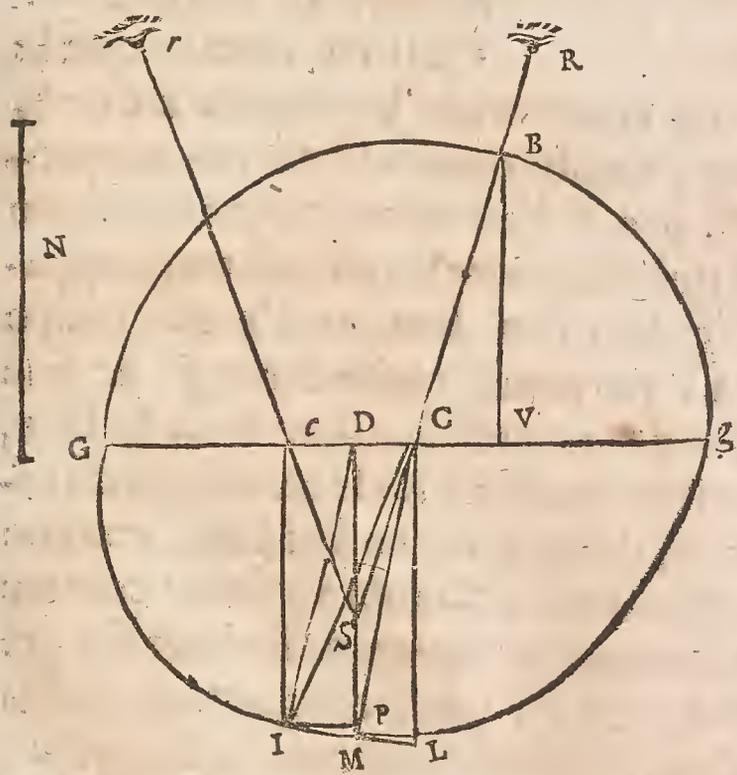
Soit

Soit décrit sur Qq un demi cercle, qui coupe le rayon CR en B , d'où soit menée BV perpendiculaire à Qq ; & que la proportion de la refraction pour cette section soit, comme devant, celle de la ligne N au demidiametre cQ .

Donc comme N à cQ ainsi est vC à cD , comme il paroît par la maniere de trouver les refractions que nous avons montrée cy dessus No. 31, mais comme vC à cD , ainsi vB à DS . Donc comme N à cQ ainsi vB à DS . Soit ML perpendiculaire sur CL . Et parce que je suppose les yeux Rr éloignez du cristall d'un pied ou environ, & par consequent l'angle RSr fort petit, il faut considerer vB comme egale au demidiametre cQ , & DP comme égale à CL ; donc comme N à cQ ainsi cQ à DS . Mais N est de 156962 parties, dont cM en contient 100000 & cQ 105032. Donc DS fera de 70283. Mais CL est de 99324, estant sinus du complement de l'angle MCL de 6 deg. 40 min. en supposant cM pour rayon. Donc DP ,

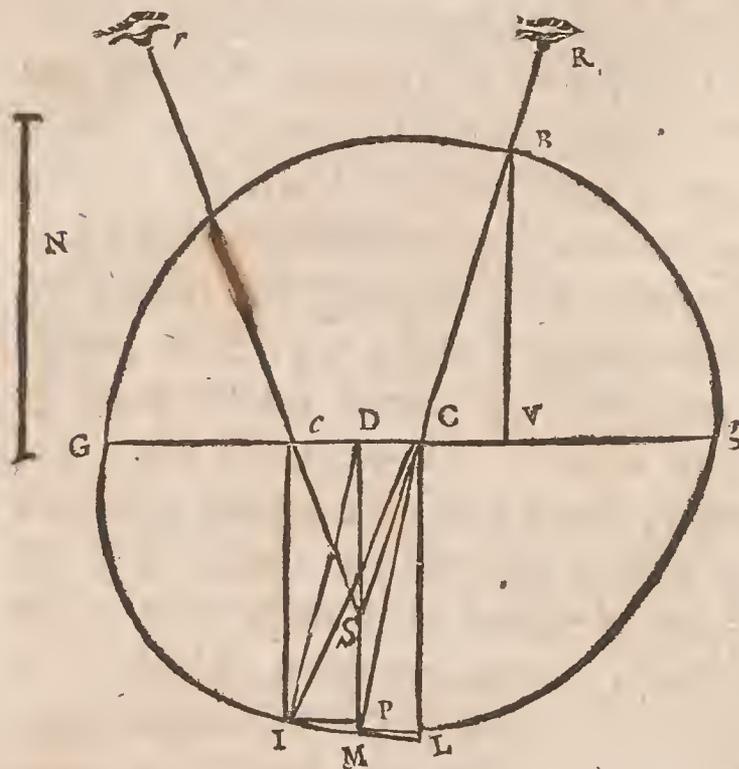
considerée comme égale à CL , fera à DS comme 99324 à 70283. Et ainsi se connoit le rehaussement du point du fond I par la refraction de cette section.

41. Soit maintenant representée l'autre section par FF , dans la figure qui est devant la precedente, & que Gmg soit la demiellipse, considerée au Nombre 27 & 28, qui se



fait par la coupe d'une onde spheroidale ayant le centre c .
Que

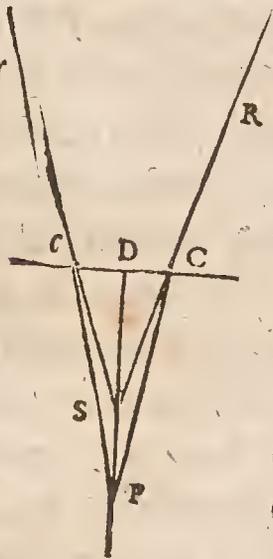
Que le point i , pris dans cette ellipse, soit imaginé derechef au fond du Cristal, & qu'il soit vû par les rayons rompus



ICR , ICr , qui vont rencontrer les deux yeux; étant CR , Cr également inclinées à la surface du cristal Gg . Ce qui étant ainsi, si l'on tire ID parallèle à CM , que je suppose estre la refraction du rayon perpendiculaire qui tomberoit sur le point c , les distances DC , Dc , seront égales, comme il est aisé de voir par ce qui est démontré au nombre 28.

Or il est certain que le point i doit paroître en s , où concourent les droites RC , rc , prolongées; & que ce point s tombe dans la ligne DP perpendiculaires à Gg ; à laquelle DP si l'on mene perpendiculaire IP , ce fera la distance Ps qui marquera le rehaussement apparent du point i . Soit sur Gg décrit un demi cercle qui coupe CR en B , d'où soit menée BV perpendiculaire sur Gg ; & que N à Gc marque la proportion de la refraction dans cette section, comme au Nombre 28. Puisque donc CI est la refraction du rayon BC ; & DI parallèle à CM ; il faut que vc soit à CD , comme N à Gc , par ce qui a esté démontré au Nombre 31. mais comme vc à CD ainsi est BV à DS . Soit menée ML perpendiculaire sur CL . Et par ce que je suppose derechef les yeux éloignez au dessus du cristal, BV est censée égale au demidiаметre cG ; & partant DS fera alors troisieme proportionnelle aux lignes N & cG : aussi fera

DP alors censée égale à CL. Or CG estant de 98778 parties dont CM en contient 100000, N est de 156962. Donc DS sera de 62163. Mais CL est aussi déterminée, & contient 99324 parties, comme il a esté dit N^o. 53. donc la raison de PD à DS sera comme de 99324 à 62163. Et ainsi l'on sçait le rehaussement du point du fond I par la refraction de cette section; & il paroît que ce rehaussement est plus grand que par la refraction de la section precedente, puisque la raison de PD à DS estoit là comme de 99324 à 70283.



Mais par la refraction reguliere du cristal, dont nous avons dit cy dessus que la proportion estoit de 5 à 3, le rehaussement du point I ou P du fond, sera de $\frac{2}{3}$ de la hauteur DP; comme il paroît par cette figure, ou le point P estant vû par les rayons PC R PC r, également rompus en la surface CC, il faut que ce point paroisse en s, dans la perpendiculaire PD, ou concourent les droites RC, rC prolongées: & l'on sçait

que la ligne PC à CS est comme 5 à 3, puisqu'elles sont entr'elles comme le sinus de l'angle CSP ou DSC, au sinus de l'angle SPC. Et parce que les deux yeux R r estant supposez beaucoup éloignez au dessus du cristal la raison de PD à DS est censée la mesme que PC à CS, le rehaussement PS sera aussi de $\frac{2}{3}$ de PD.



42. Que si l'on prend une ligne droite AB pour l'épaisseur du cristal, duquel le point B soit dans le fond, & qu'on la divise, suivant les proportions des rehaussements trouvées, aux points C, D, E; faisant AE de $\frac{2}{3}$ AB, AB à AC comme 99324 à 70283, & AB à AD comme 99324 à 62163, ces points diviseront AB comme dans cette figure. Et l'on trouvera que cecy s'accorde parfaitement avec l'expérience; c'est-à-dire qu'en pla-

L

cant.

çant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le petit diametre du rombe de dessus, la refraction reguliere elevera les lettres en E , & on verra le fond, & les lettres sur le quelles il est posé, élevées en D par la refraction irreguliere. Mais en plaçant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le grand diametre du rombe de dessus, la refraction reguliere

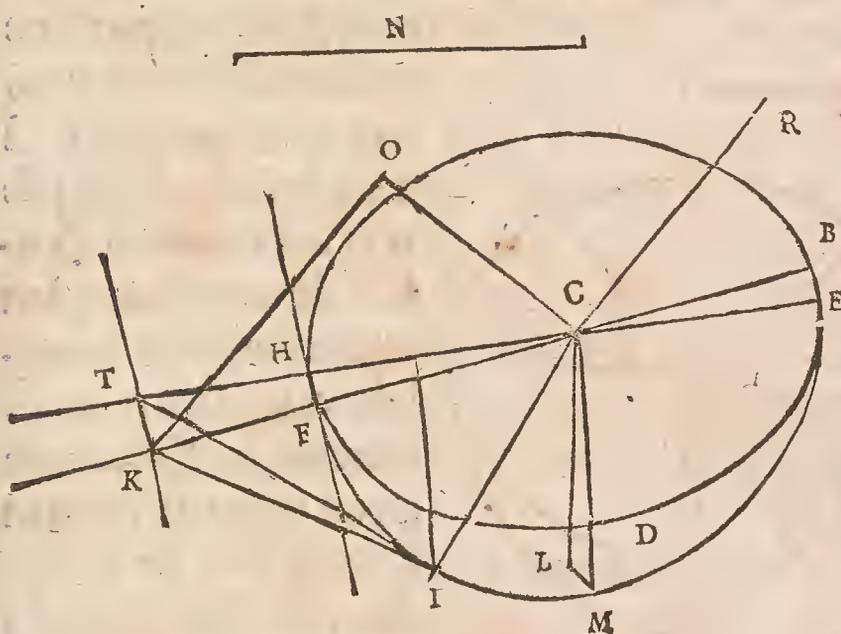
elevera les lettres en E comme auparavant; mais la refraction irreguliere les fera en mesme temps paroître élevées en C seulement. En sorte que l'intervalle CE sera quadruple de l'intervalle ED , qu'on voyoit auparavant.

43. Je n'ay que faire de remarquer icy que, dans toutes les deux positions des yeux, les images, causées par la refraction irreguliere, ne paroissent pas directement au dessous de celles qui procedent de la refraction reguliere, mais qu'elles s'en écartent, en s'éloignant d'avantage de l'angle solide equilateral du Cristal; parce que cela s'ensuit de tout ce qui a esté démontré jusqu'icy de la refraction irreguliere, & qu'il est surtout evident par ces dernieres demonstrations: où l'on voit que le point I paroît par la refraction irreguliere en s , dans la perpendiculaire DP ; dans laquelle doit aussi paroître l'image du point P par la refraction reguliere, mais non pas l'image du point I , qui sera à peu près directement au dessus de ce mesme point, & plus haute que s .

Mais pour ce qui est du rehaussement apparent du point I dans les autres positions des yeux au dessus du cristal, outre les deux positions que nous venons d'examiner, l'image de ce point paroitra tousjours par la refraction reguliere entre les deux hauteurs de D & C , passant de l'une à l'autre, à mesure qu'on tourne à l'entour du cristal immobile en regardant dessus. Et tout cecy se trouve encore conforme à nostre hypothese, comme un chacun pourra s'en assurer, après que j'auray montré icy

la maniere de trouver les refractions irregulieres, qui appartiennent à toutes les autres sections du cristal, outre les deux que nous avons considerés. Posons quelque une des faces du cristal, dans laquelle soit l'Ellipse HDE , dont le centre c soit aussi le centre du spheroides HME , dans lequel s'étend la lumiere, & dont ladite Ellipse est la section. Et que le rayon incident soit RC , dont il faille trouver la refraction.

Soit mené un plan passant par le rayon RC , & qui soit perpendiculaire au plan de l'ellipse HDE , le coupant suivant la droite BCK , & ayant dans le mesme plan par RC fait CO perpendiculaire à CR , soit dans l'angle OCK ajustée OK perpendiculaire à OC & égale à la ligne N , que je suppose marquer le



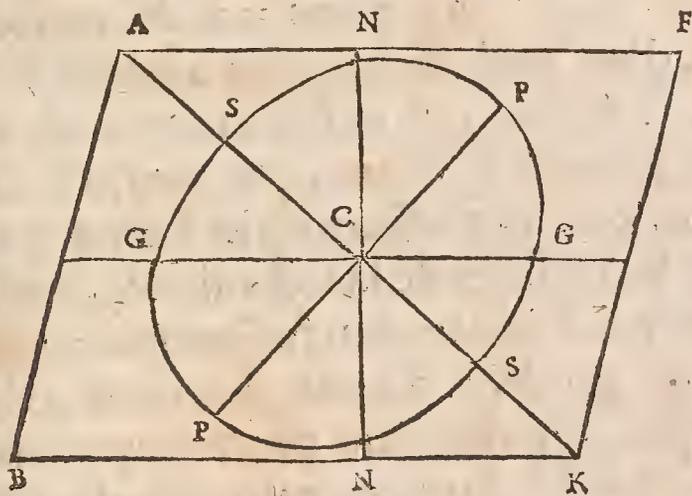
trajet de la lumiere en l'air, dans le temps qu'elle s'étend dans le cristal par le spheroides $HDEM$. Puis dans le plan de l'Ellipse HDE soit, par le point K , menée KT perpendiculaire à BCK . Maintenant si l'on conçoit un plan mené par la droite KT , & qui touche le spheroides

HME en I , la droite CI fera la refraction du rayon RC , comme il est assez aisé à conclurre de ce qui a esté demonsté au Nombre 36.

Mais il faut montrer comment on peut determiner le point de contact I . Soit menée à la ligne KT une parallele HF , qui touche l'Ellipse HDE , & que ce point de contact

qui touchera le spheroides, le touchera dans cette ellipse, par le Lemme cité peu devant.

J'ay recherché ainsi par le menu les proprietes de la refraction irreguliere de ce Cristal, pour voir si chaque phenomene, qui se deduit de nostre hypothese, conviendrait avec ce qui s'observe en effet. Ce qui estant ainsi, ce n'est pas une legere preuve de la verité de nos suppositions & principes. Mais ce que je vais ajouter icy les confirme encore merueilleusement. Ce sont les coupes differentes de ce Cristal, dont les surfaces, qu'elles produisent, font naistre des refractions precisement telles qu'elles doivent estre, & que je les avois preveuës, suivant la Theorie precedente.

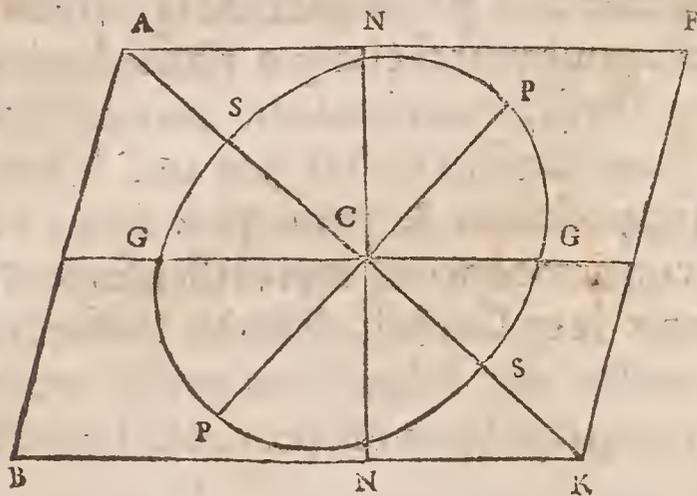


Pour expliquer quelles sont ces coupes, soit $ABKF$ la section principale par l'axe du cristal, ACK , dans laquelle sera aussi l'axe ss d'une onde spheroides de lumiere étendue dans le Cristal du centre c ; & la ligne droite, qui coupe ss par le milieu, & à angles droits,

scavoir pp , fera un des grands diametres.

Or comme dans la coupe naturelle du cristal, faite par un plan parallele à deux surfaces opposées, lequel plan est icy representé par la ligne GG , la refraction des surfaces qui en sont produites se regle par les demispheroides $GN G$, suivant ce qui a esté expliqué dans la Theorie precedente: de mesme en coupant le Cristal par NN , d'un plan perpendiculaire au parallelogramme $ABKF$, la refraction des surfaces se devra regler par les demispheroides NGN : & si on le coupe par pp , perpen-

diculairement au dit parallelogramme, la refraction des surfaces se devra regler par les demispheroides $P S P$, & ainsi des autres.



Mais je vis que si le plan NN estoit presque perpendiculaire au plan GG , faisant l'angle NCG , qui est du costé A , de 90 degrez, 40 min. les demispheroides NGN devenoient semblables aux demispheroides $GN G$, puisque les plans NN & GG étoient inclinez également, d'un angle de 45 degr. 20 min. sur l'axe ss .

Par consequent il falloit, si nostre theorie estoit vraie, que les surfaces que produit la section par NN , fissent toutes les mesmes refractions que les surfaces de la section par GG . Et non pas seulement les surfaces de la section NN , mais toutes les autres, produites par des plans qui fussent inclinez à l'axe ss d'un angle pareil de 45 degr. 20 min. De forte qu'il y avoit une infinité de coupes, qui devoient produire precisement les mesmes refractions que les surfaces naturelles du cristal, ou que la coupe parallele à quelqu'une de ces surfaces, qui se fait en le fendant.

Je vis aussi qu'en le coupant d'un plan mené par PP , & perpendiculaire à l'axe ss , la refraction des surfaces devoit estre telle que le rayon perpendiculaire n'en souffrist point du tout, & que toutefois aux rayons obliques il y eust une refraction irreguliere, differente de la reguliere; & par laquelle les objets, placez sous le cristal, fussent moins rehaussez que par cette autre.

Que de mesme, en coupant le cristal de quelque plan par l'axe

l'axe ss , comme est le plan de cette figure, le rayon perpendiculaire ne devoit point souffrir de refraction; & que pour les rayons obliques, il y avoit des mesures differentes pour la refraction irreguliere, suivant la situation du plan où estoit le rayon incident.

Or ces choses se trouverent ainsi en effet, & je ne pûs douter apres cela qu'il ne se rencontraît par tout un succez pareil. D'ou je conclus que l'on peut former de ce cristal des solides semblables à ceux qui luy sont naturels, qui produiront, dans toutes leurs surfaces, les mesmes refractions regulieres & irregulieres que les surfaces naturelles, & qui pourtant se fendraient tout autrement, & point parallelement à aucune des faces.

Que l'on en peut faire aussi des pyramides, ayant la base quarrée, pentagone, hexagone, ou de tant de costez que l'on voudra, dont toutes les surfaces ayent les mesmes refractions que les surfaces naturelles du cristal, hormis la base, qui ne rompra point le rayon perpendiculaire. Ces surfaces feront chacune avec l'axe du cristal un angle de 45 degr. 20 min. & la base fera la section perpendiculaire à l'axe.

Qu'enfin on en peut aussi faire des prismes triangulaires, ou de tant de costez qu'on veut, dont ni les costez ni les bases ne rompront point le rayon perpendiculaire, quoyque pourtant ils fassent tous double refraction aux rayons obliques. Le cube est compris parmy ces prismes; dont les bases sont des sections perpendiculaires à l'axe du cristal, & les costez sont des sections paralleles à ce mesme axe.

De tout cecy il paroît encore, que ce n'est point du tout dans la disposition des couches dont ce cristal paroît composé, & selon lesquelles il se fend en trois sens differens, que reside la cause de sa refraction irreguliere; & que ce seroit en vain de l'y vouloir chercher.

Mais

Mais afin qu'un chacun, qui aura de cette pierre, puisse trouver, par sa propre experience, la verité de ce que je viens d'avancer; je diray icy la maniere dont je me suis serui à la tailler, & à la polir. La taille est aisée par les roués tranchantes des lapidaires, ou de la maniere qu'on fie le marbre; mais le poli est tres difficile, & en employant les moyens ordinaires, on depolit bien plustost les surfaces qu'on ne les rend luisantes.

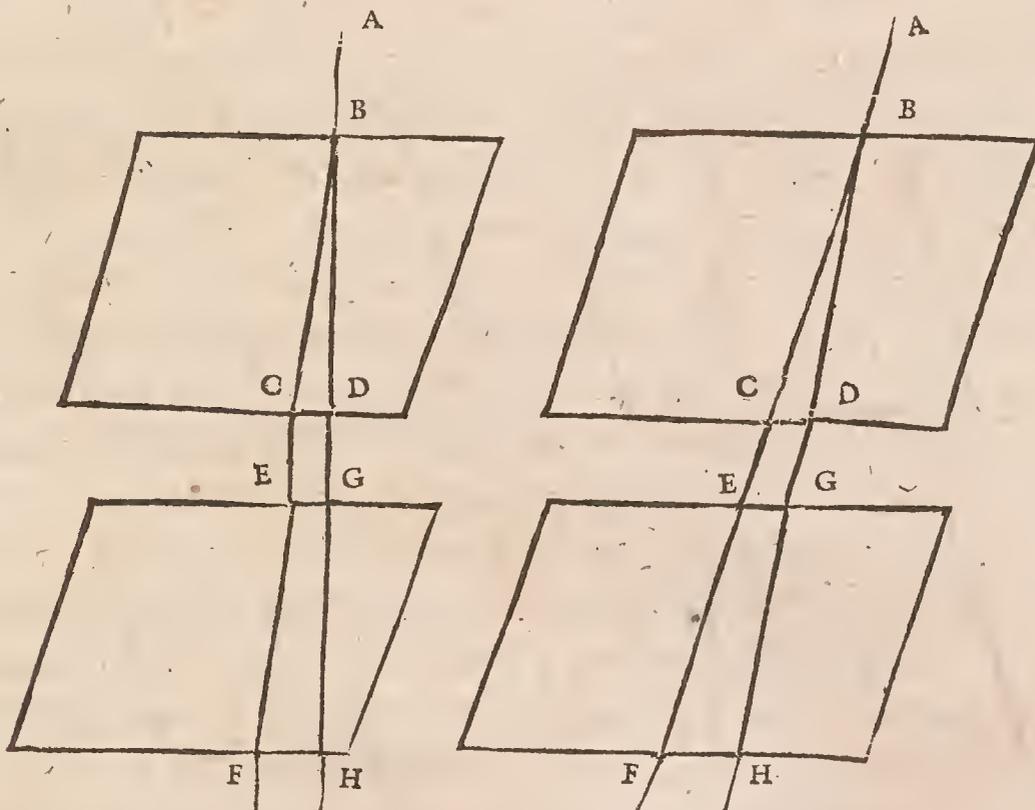
Après plusieurs essais, j'ay enfin trouvé qu'il ne faut point de plaque de metal pour cet usage, mais une piece de glace de miroir rendue matte & depolie. Là dessus, avec du sablon fin & de l'eau, l'on adoucit peu à peu ce cristal, de mesme que les verres de lunette, & on le polit en continuant seulement le travail, & en diminuant tousjours la matiere. Je n'ay sceu pourtant le rendre d'une clarté & transparence parfaite; mais l'égalité, qu'acquierent les surfaces, fait que l'on y observe mieux les effets de la refraction, que dans celles qui se sont faites en fendant la pierre, qui ont tousjours quelque inégalité.

Lors mesme que la surfacen'est que mediocrement adoucie, si on la frotte avec un peu d'huile, ou de blanc d'oeuf, elle devient fort transparente, en sorte que la refraction s'y decouvre fort distinctement. Et cette aide est surtout necessaire, lorsque l'on veut polir les surfaces naturelles, pour en oster les inégalités; parce qu'on ne sçauroit les rendre luisantes à l'egal de celles des autres sections; qui prennent d'autant mieux le poli qu'elles sont moins aprochantes de ces plans naturels.

Devant que de finir le traitté de ce Cristal, j'ajouteray encore un phenomene merueilleux, que j'ay decouvert après avoir écrit tout ce que dessus. Car bien que je n'en aie pas pû trouver jusqu'icy la cause, je ne veux pas laisser pour cela de l'indiquer, afin de donner occasion à d'autres de la chercher. Il semble qu'il faudroit faire encore d'autres suppositions outre celles
que

que j'ay faites ; qui ne laisseront pas pour cela de garder toute leur vrai-semblance , apres avoir esté confirmées par tant de preuves.

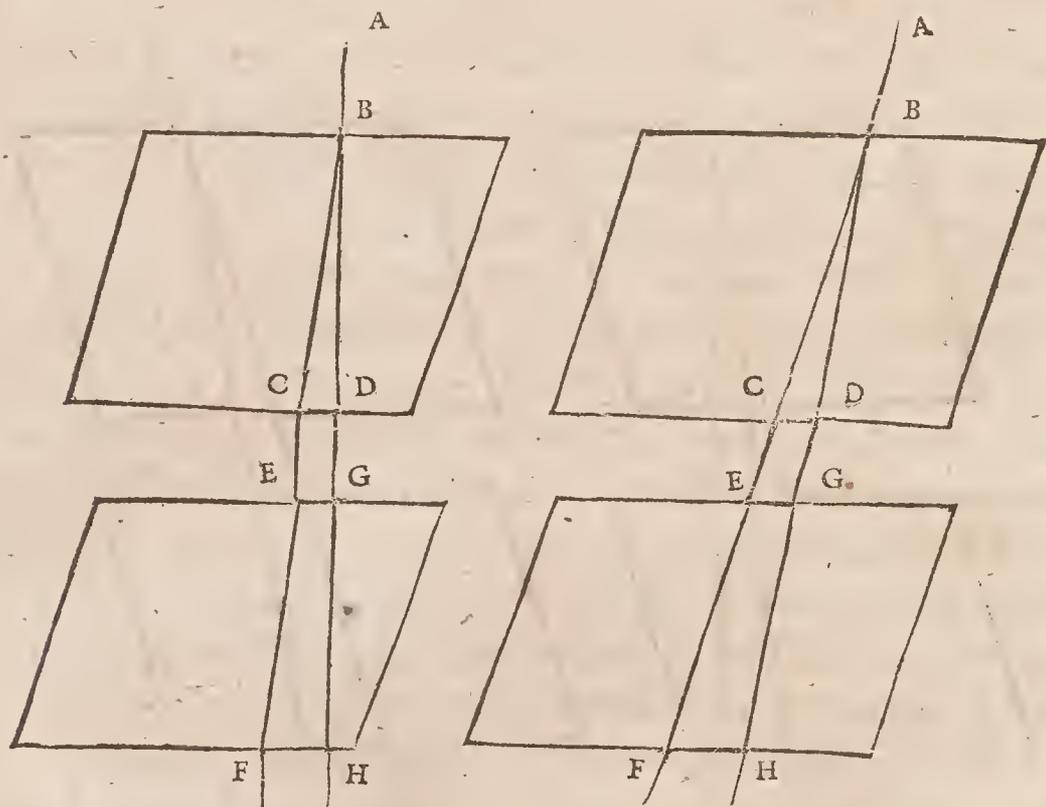
Le phenomene est , qu'en prenant deux morceaux de ce cristal , & les appliquant l'un sur l'autre , ou bien les tenant avec de l'espace entre deux ; si tous les costez de l'un sont paralleles à ceux de l'autre , alors un rayon de lumiere , comme A B , s'estant partagé en deux dans le premier morceau , sçavoir en B D & en B C , suivant les deux refractions , reguliere & ir-



reguliere ; en penetrant de là à l'autre morceau , chaque rayon y passera sans plus se partager en deux ; mais celuy qui a esté fait de la refraction reguliere , comme icy D G , fera seulement encore une refraction reguliere en G H , & l'autre , C E , une irreguliere en E F . Et la mesme chose arrive non seulement dans cette disposition , mais aussi dans toutes celles où la section princi-

M pale

pale, de l'un & de l'autre morceau, se trouve dans un mesme plan, sans qu'il soit besoin que les deux surfaces qui se regardent soient paralleles. Or il est merueilleux pourquoy les rayons $C E$ & $D G$, venant de l'air sur le cristal inferieur, ne se partagent pas de mesme que le premier rayon $A B$. On diroit qu'il faut que le rayon $D G$, en passant par le morceau de dessus, ait perdu ce qui est necessaire pour emouvoir la matiere qui sert à la refraction irreguliere; & que $C E$ ait pareillement perdu ce qu'il faut pour émouvoir la matiere qui sert à la refraction



reguliere: mais il y a encore autre chose qui renverse ce raisonnement. C'est que quand on dispose les deux cristaux en sorte, que les plans qui sont les sections principales se coupent à angles droits; soit que les surfaces qui se regardent soient paralleles ou non; alors le rayon qui est venu de la refraction reguliere, comme $D G$, ne fait plus qu'une refraction irreguliere dans le

le morceau inferieur, & au contraire le rayon qui est venu de la refraction irreguliere, comme CE , ne fait plus qu'une refraction reguliere.

Mais dans toutes les autres positions infinies, outre celles que je viens de determiner, les rayons DG , CE se partagent derechef chacun en deux, par la refraction du cristal inferieur; de sorte que du seul rayon AB il s'en fait quatre, tantost d'egale clarté, tantost de bien moindre les uns que les autres, selon la diverse rencontre des positions des cristaux: mais qui ne paroissent pas avoir plus de lumiere tous ensemble, que le seul rayon AB .

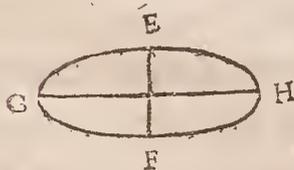
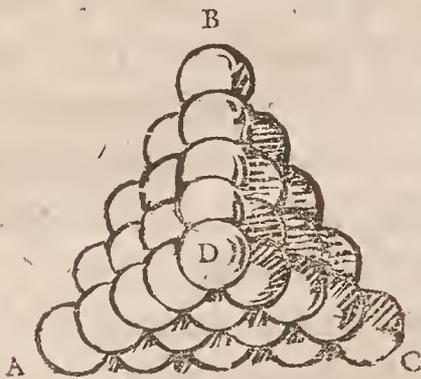
Quand on considere icy que, les rayons CE , DG demeurant les mesmes, il depend de la position qu'on donne au morceau d'en bas de les partager chacun en deux, ou de ne les point partager, là où le rayon AB se partage tousjours; il semble qu'on est obligé de conclure que les ondes de lumiere, pour avoir passé le premier cristal, acquierent certaine forme ou disposition, par laquelle en rencontrant le tissu du second cristal, dans certaine position, elles puissent émouvoir les deux differentes matieres qui servent aux deux especes de refraction; & en rencontrant ce second cristal dans une autre position, elles ne puissent émouvoir que l'une de ces matieres. Mais pour dire comment cela se fait, je n'ay rien trouvé jusqu'icy qui me satisfasse.

Laisant donc à d'autres cette recherche, je passe à ce que j'ay à dire touchant la cause de la figure extraordinaire de ce cristal, & pourquoy il se fend aisément en trois sens differens, parallelement à quelqu'une de ses surfaces.

Il y a plusieurs corps vegetaux, minéraux, & fels congelez, qui se forment avec de certains angles & figures regulieres. Ainsi parmy les fleurs il y en a beaucoup, qui ont leurs feuilles disposées en polygones ordonnez, au nombre de 3. 4. 5. ou 6 costez; mais non pas d'avantage. Ce qui merite bien d'estre re-

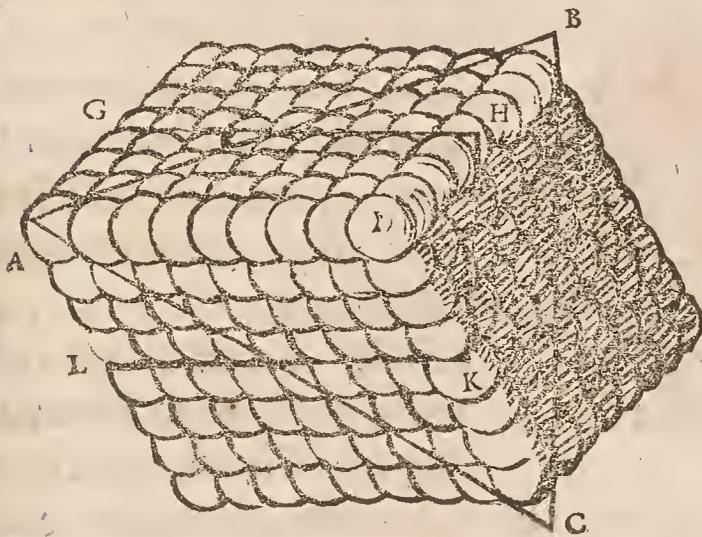
marqué; tant la figure polygone, que pourquoy elle n'excede pas ce nombre de 6.

Le Cristal de roche croit ordinairement en bastons hexagones, & l'on trouve des diamans qui naissent avec une pointe quarrée, & des surfaces polies. Il y a une espece de petites pierres plattes, entassées directement les unes sur les autres, qui sont toutes de figure pentagone, avec les angles arrondis & les costez un peu pliez en dedans. Les grains de sel gris, qui naissent de l'eau de la mer, affectent la figure, ou du moins l'angle, du cube; & dans les congelations d'autres sels, & de celle du sucre, l'on trouve d'autres angles solides, avec des surfaces parfaitement plattes. La neige menue tombe presque tousjours formée en petites estoiles à 6 pointes, & quelques fois en hexagones dont les costez sont droits. Et j'ay souvent observé, au dedans de l'eau qui commence à se geler, une maniere de feuilles plattes & deliées de glace, dont la raye du milieu jette des branches inclinées d'un angle de 60 degrez. Toutes ces choses meritent d'estre recherchées soigneusement, pour reconnoitre comment & par quel artifice la nature y opere. Mais ce n'est pas maintenant mon dessein de traiter entierement cette matiere. Il semble qu'en general la regularité, qui se trouve dans ces productions, vient de l'arrangement des petites particules invisibles & egales dont elles sont composées. Et pour venir à nostre Cristal d'Islande, je dis que s'il y avoit une pyramide comme A B C D, composée de petits corpuscules ronds, non pas spheriques,



mais spheroides plats, tels que se feroient par la conversion de
cette

ellipse GH sur son petit diametre EF ; dont la proportion au grand est fort près celle de 1 à la racine quarrée de 8. Je dis donc que l'angle solide de la pointe D , seroit egal à l'angle obtus & equilateral de ce Cristal. Je dis de plus, si ces corpuscules estoient legerement collez ensemble, qu'en rompant cette pyramide, elle se casseroit suivant des faces paralleles à celles qui font sa pointe: & que par ce moyen, comme il est aisé de voir, elle produiroit des prismes semblables à ceux du mesme Cristal, tels que represente cette autre figure. La raison est, qu'en se cassant de cette façon, toute une couche se separe aisément de sa couche voisine, parce que chaque spheroides ne se detache que des trois spheroides de l'autre couche; des quels trois il n'y en a qu'un qui le touche par la surface ap-



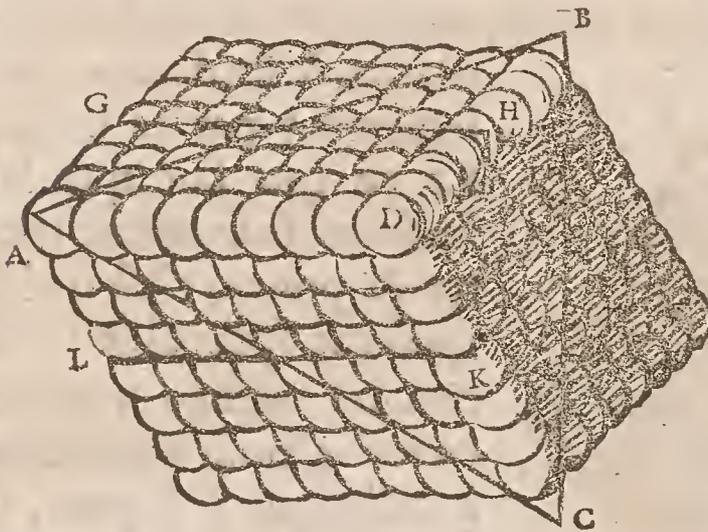
platie, & les deux autres seulement par les bords. Et ce qui fait que les surfaces se separent nettes & polies, c'est que si quelque spheroides de la couche voisine vouloit en sortir pour s'attacher à celle qui se separe, il faudroit qu'il se detachast de six autres spheroides qui le tiennent ser-

ré, & dont les quatre le pressent par ces surfaces applaties. Puis donc que tant les angles de nostre cristal, que la maniere dont il se fend, conviennent justement avec ce qui se remarque au composé de tels spheroides, c'est une grande raison pour croire que ses particules sont formées & rangées de mesme.

Il y a mesme assez d'apparence que les prismes de ce cristal se font par la rupture des pyramides, puisque Mr. Bartholin

raporte qu'il s'en trouve par fois des morceaux de figure pyramidale triangulaire. Mais quand une masse ne seroit composée qu'interieurement de ces petits spheroides ainsi entassez, quelque forme qu'elle eust par dehors, il est certain, par la mesme raison que je viens d'expliquer, qu'estant cassée elle produiroit des prismes pareils. Il reste à voir s'il y a d'autres raisons qui confirment nostre conjecture, & s'il n'y en a point qui y repugnent.

L'on peut objecter que ce cristal, estant ainsi composé, se pouroit fendre encore en deux manieres, dont l'une seroit suivant des plans paralleles à la base de la pyramide, c'est-à-dire



au triangle A B C; l'autre parallelement à un plan dont la coupe est marquée par les lignes G H, H K, K L. A quoy je dis, que l'une & l'autre division, quoyque faisables, sont plus malaisées que celles qui estoient paralleles à quelqu'un des trois plans de la pyramide; & qu'ainsi, en frap-

pant sur le cristal pour le casser, il se doit tousjours fendre plutost suivant ces trois plans que suivant les deux autres. Quand on a un nombre de spheroides de la forme cy devant marquée, & qu'on les range en pyramide, on voit pourquoy les deux divisions sont plus malaisées. Car pour ce qui est de celle qui se feroit parallelement à la base, chaque spheroides se doit detacher des trois autres qu'il touche par les surfaces applaties, qui tiennent plus que ne font les contacts par les bords. Et outre cela, cette division ne se fera point par des couches entieres, parce qu'un

qu'un chacun des spheroides d'une couche n'est presque point retenu par les 6 de la mesme couche qui l'entourent, parce qu'ils ne le touchent que par les bords; de sorte qu'il adhere aisément à la couche voisine, & d'autres à luy, par la mesme raison; ce qui cause des surfaces inegales. Aussi voit on par experience, qu'en usant le cristal sur une pierre un peu rude, directement sur l'angle solide equilateral, on trouve à la verité beaucoup de facilité à le diminuer en ce sens, mais beaucoup de difficulté ensuite à polir la surface qu'on aura applatie de cette maniere.

Pour l'autre division suivant le plan $G H K L$, l'on verra que chaque spheroide s'y devoit detacher de quatre de la couche voisine, dont deux le touchent par les surfaces applaties, & deux par les bords. De sorte que cette division est de mesme plus difficile que celle qui se fait parallelement à une des surfaces du cristal; où nous avons dit que chaque spheroide ne se detache que de trois de sa couche voisine; dont il n'y en a qu'un qui le touche par la surface applatie, & les deux autres par les bords seulement.

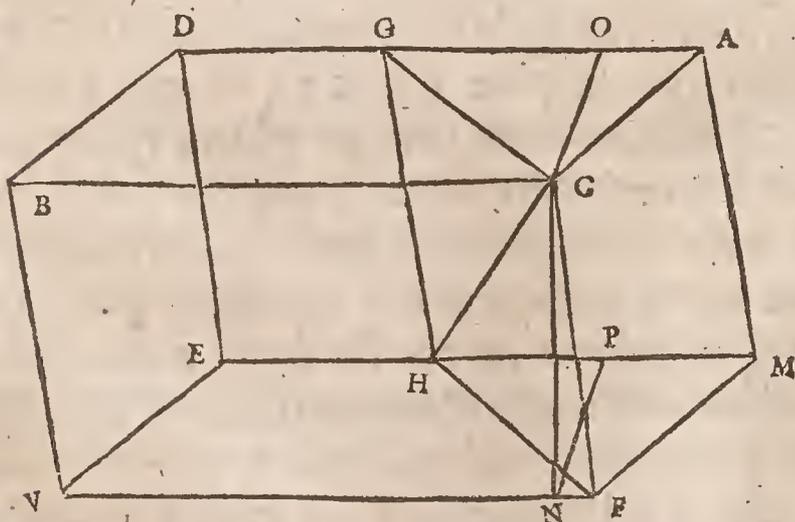
Cependant ce qui m'a fait connoitre qu'il y a dans le cristal des couches de cette derniere façon, c'est qu'en un morceau de demie livre que j'ay, l'on voit qu'il est fendu tout du long, ainsi que le prisme susdit par le plan $G H K L$; ce qui paroît par les couleurs d'Iris repandues dans tout ce plan, quoyque les deux pieces tiennent encore ensemble. Tout cecy prouve donc que la composition du cristal est telle que nous avons dit. A quoy j'ajoute encore cette experience; que si on passe un couteau en raclant sur quelqu'une de ces surfaces naturelles, & que ce soit en descendant de l'angle obtus equilateral, c'est-à-dire de la pointe de la pyramide, on le trouve fort dur; mais en raclant du sens contraire on l'entame aisement. Ce qui s'ensuit manifestement de la situation des petits spheroides; sur les-
quels,

quels, dans la premiere maniere, le cousteau glisse; mais dans l'autre ils les prend par dessous, à peu pres comme les écailles d'un poisson.

Je n'entreprendray pas de rien dire touchant la maniere dont s'engendrent tant de petits corpuscules, tous égaux & semblables, ni comment ils sont mis dans un si bel ordre. S'ils sont formez premierement, & puis assemblez; ou s'ils se rangent ainsi en naissant, & à mesure qu'ils sont produits, ce qui me paroît plus vrai-semblable. Il faudroit pour developper des veritez si cachées une connoissance de la nature bien plus grande que celle que nous avons. J'ajouteray seulement que ces petits spheroides pourroient bien contribuer à former les spheroides des ondes de lumiere, cy dessus supposez; les uns & les autres estant situez de mesme, & avec leur axes paralleles.

Calculs qui ont esté supposez dans ce Chapitre.

Mr. Bartholin dans son traité de ce cristal, met les angles obtus des faces de 101 degrez, lesquels j'ay dit estre de 101 degrez, 52 min. Il dit avoir mesuré immediatement ces angles



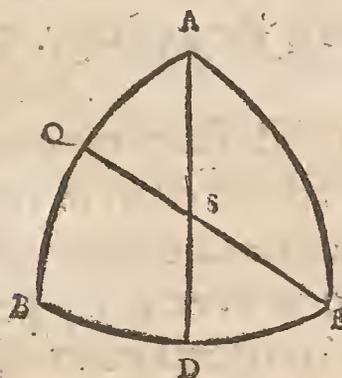
sur le cristal; ce qui est difficile à faire avec la derniere justesse, à cause que les carnes, comme CA, CB dans cette figure, sont ordinairement usées, & non pas bien droites. Pour plus de seureté donc, j'ay plustost voulu mesurer actuellement l'angle

de seureté donc, j'ay plustost voulu mesurer actuellement l'angle

gle

gle obtus, duquel sont inclinées l'une sur l'autre les faces CBDA, CBVF, sçavoir l'angle OCN , apres avoir mené CN perpendiculaire sur FV , & CO perpendiculaire sur DA : lequel angle OCN j'ay trouvé de 105 degr. & son complement à deux angles droits, CNP , de 75 degr. comme il falloit.

Pour trouver par là l'angle obtus BCA , je me suis imaginé une sphere, ayant son centre en C , & dans sa superficie un triangle spherique, formé par l'interfection des trois plans qui comprennent l'angle solide C . Dans ce triangle equilateral, qui soit ABF dans cette autre figure, je voyois que chacun des



angles devoit estre de 105 degrez, sçavoir egal à l'angle OCN ; & que chacun des costez estoit d'autant de degrez que l'angle ACB , ACF , ou BCF . Ayant donc mené l'arc FQ perpendiculaire sur le costé AB , qu'il divise également en Q , le triangle FQA avoit l'angle Q droit, l'angle A de 105 degrez, & F de la moitié autant, sçavoir de 52 degrez, 30 min. d'où se

trouve l'hypothénuse AF de 101 deg. 52 min. Et cet arc AF est la mesure de l'angle ACF dans la figure du cristal.

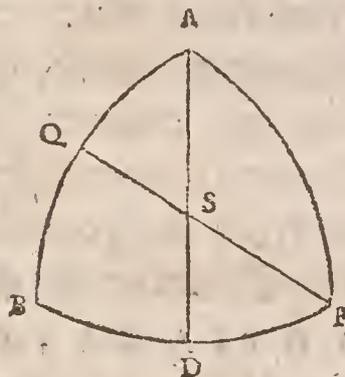
Dans la mesme figure, si le plan $CGHF$ coupe le cristal en sorte, qu'il divise les angles obtus ACB , MFV par le milieu; il a esté dit, au Nombre 10, que l'angle CFH est de 70 degrez, 57 min. Ce qui se demontre encore facilement dans le mesme triangle spherique ABF ; où il paroît que l'arc FQ est d'autant de degrez que l'angle GCF dans le cristal, duquel le complement à deux droits est l'angle CFH . Or l'arc FQ se trouve de 109 deg. 3 min. Donc son complement, 70 deg. 57 min. est l'angle CFH .

Il a esté dit N°. 26, que la droite CS , qui dans la prece-

N

den-

dente figure est CH , estant l'axe du cristal, c'est-à-dire également inclinée aux trois costez CA , CB , CF , l'angle GCH est de 45 degr. 20 min. Ce qui se calcule encore facilement par le mesme triangle spherique. Car en tirant l'autre arc AD , qui coupe BF également, & FQ en s , ce point sera le centre de ce triangle: & il est aisé de voir que l'arc sQ est la mesure de l'angle

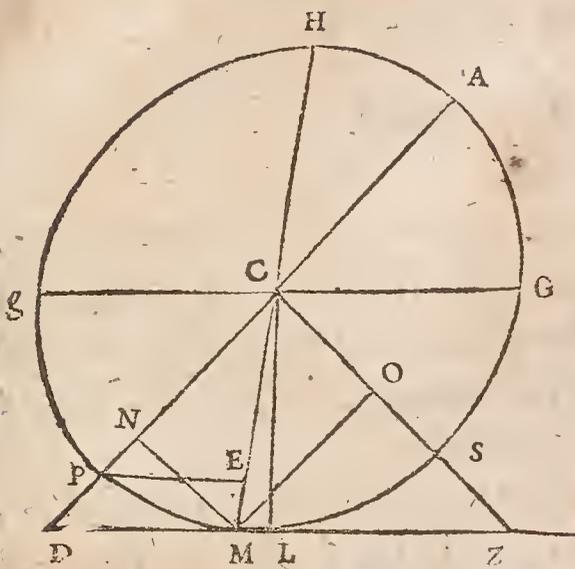


GCH , dans la figure qui represente le cristal. Or dans le triangle QAS , qui est rectangle, l'on connoit aussi l'angle A , qui est de 52 degr. 30 min. & le costé AQ de 50 degr. 56 min. d'où se trouve le costé sQ de 45 degr. 20 min.

Au Nombre 27, il faut montrer que PMS estant une ellipse dont le centre est c , & qui touche la droite MD en M , en forte que l'angle MCL , que fait cM avec cL , perpendiculaire sur DM , soit de 6 deg. 40 min. & son demi petit diametre cs faisant avec cG , parallele à MD , un angle Gcs de 45 degr. 20 min. il faut montrer, dis je, que cM estant de 100000 parties, Pc , demi grand diametre de cette ellipse, est de 105032, & cs , demi petit diametre, de 93410.

Soient cP , cs prolongées, & qu'elles rencontrent la tangente DM en D & Z ; & du point de contact M soient menées MN , MO perpendiculaires sur cP , cs . Maintenant parce que les angles SCP , GCL sont droits, l'angle PCL sera egal à Gcs , qui estoit de 45 degr. 20 min. Et ostant l'angle LCM , qui est de 6 degr. 40 min. de LCP 45 degr. 20 min. reste MCP de 38 degr. 40 min. Considerant donc cM comme rayon de 100000 parties, MN , sinus de 38 deg. 40 min. fera 62479. Et dans le triangle rectangle MND , MN fera à ND comme le rayon des Tables à la tangente de 45 degr. 20 min, parce que l'angle

NMD est egal à DCL ou GCS : c'est-à-dire comme 100000 à



101170 ; d'où vient ND 63210. Mais NC est de 78079 des mesmes parties dont CM est 100000, parce que NC est sinus du complement de l'angle MCP , qui estoit de 38 degr. 40 minutes. Donc toute la DC est de 141289 ; & CP , qui est moyene proportionnelle entre DC & CN parce que MD touche l'Ellipse ; fera 105032.

De mesme, parce que l'angle OMZ est egal à CDZ , ou LCZ , qui est de 44 degr. 40 min. estant le complement de GCS , il s'en suit que, comme le rayon des Tables à la tangente de 44° , 40, ainsi fera OM 78079, à OZ 77176. Mais OC est de 62479 de ces mesmes parties dont CM est 100000, parce qu'elle est egale à MN , sinus de l'angle MCP de 38° . 40. Donc toute la CZ est 139655 ; & CS , qui est moyene proportionnelle entre CZ , CO , fera 93410.

Au mesme endroit on a dit que CG se trouve de 98779 parties. Pour le demontrer, soit dans la mesme figure menée PE parallele à DM , & qui rencontre CM en E . Dans le triangle rectangle CLD , le costé CL est 99324, (CM estant 100000) parce que CL est sinus du complement de l'angle LCM , de 6° . 40. Et puis que l'angle LCD est de 45° . 26, pour estre egal à GCS , l'on rrouvera le costé LD 100486: d'où ostant ML 11609, restera MD 88877. Or comme CD , qui estoit 141289, à DM 88877, ainsi CP 105032, à PE 66070. Mais comme le rectangle MEH , ou bien la difference des quarez CM , CE , au quarré MC , ainsi est le quarré PE au quarré CG ; donc aussi comme la difference des quarez DC , CP au quarré de CD ,

N^2

ainsi

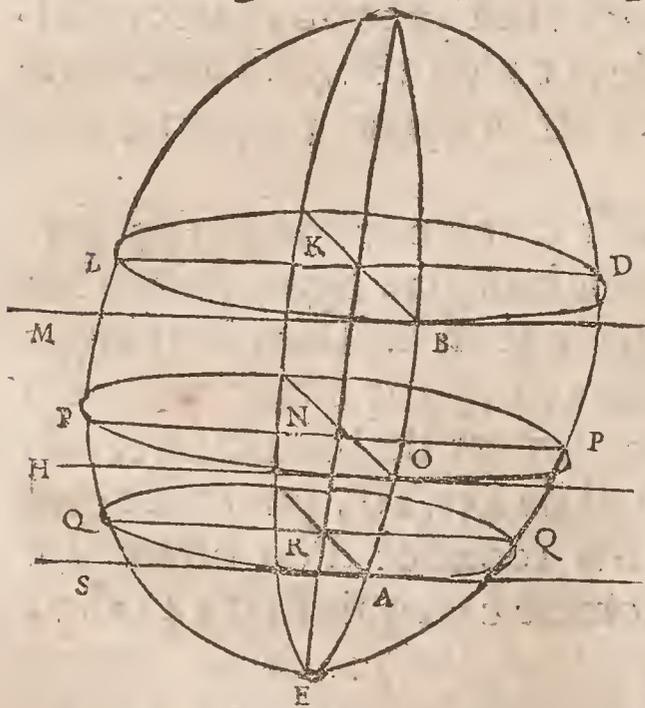
ainsi le quarré PE au quarré gc . Mais DP , CP & PE sont con-
nues : on connoit donc aussi gc , qui est 98779.

Lemme qui a esté supposé.

Si un spheroide est touché par une ligne droite, & aussi par deux ou plusieurs plans qui soient paralleles à cette ligne, quoyque non pas entre eux; tous les points du contact, tant de la ligne que des plans, seront dans une mesme ellipse, faite par un plan qui passe par le centre du spheroide.

Soit le spheroide $LE D$ touché par la ligne BM au point B , & aussi par des plans, paralleles à cette ligne, aux points O & A . Il faut demontrer que les points B , O , & A sont dans une mesme Ellipse, faite dans le spheroide par un plan qui passe par son centre.

Par la ligne BM & par les points O , A , soient menés des



plans paralleles entre eux, qui, en coupant le spheroide, fassent les ellipses $LB D$, POP , $QA Q$; qui seront toutes semblables, & semblablement posées, & auront leurs centres K , N , R , dans un mesme diametre du spheroide, qui sera aussi diametre de l'ellipse faite par la section du plan qui passe par le centre du spheroide, & qui coupe les plans des trois susdites Ellipses à angles droits;

car tout cela est manifeste par la prop. 15, du livre des Conoides & Spheroides d'Archimede. De plus, les deux derniers

niers plans, qui ont esté menez par les points O, A , feront aussi, en coupant les plans qui touchoient le spheroides en ces mesmes points, des lignes droites, comme OH, AS , qui seront, comme il est aisé de voir, paralleles à BM ; & toutes les trois, BM, OH, AS toucheront les Ellipses LBD, POP, QAQ dans ces points B, O, A ; puisqu'elles sont dans les plans de ces ellipses, & en mesme temps dans des plans qui touchent le spheroides. Que si maintenant de ces points B, O, A , l'on mene des droites BK, ON, AR par les centres des mesmes ellipses, & que par ces centres l'on mene aussi les diametres LD, PP, QQ , paralleles aux touchantes BM, OH, AS : ces diametres seront les conjuguez des susdits BK, ON, AR . Et parce que les trois ellipses sont semblables, & semblablement posées, & qu'elles ont leurs diametres LD, PP, QQ paralleles, il est certain que leurs diametres conjuguez BK, ON, AR seront aussi paralleles. Et les centres K, N, R estant, comme il a esté dit, dans un mesme diametre du spheroides, ces paralleles BK, ON, AR seront necessairement dans un mesme plan, qui passe par ce diametre du spheroides: & par consequent les points B, O, A dans une mesme ellipse faite par l'interfection de ce plan. Ce qu'il falloit prouver. Et il est manifeste que la demonstration seroit la mesme, si, outre les points O, A , il y en avoit d'autres, dans lesquels le spheroides fust touché par des plans paralleles à la droite BM .

CHAPITRE VI.

DES FIGURES DES CORPS DIAPHANES

Qui servent à la Refraction, & à la Reflexion.

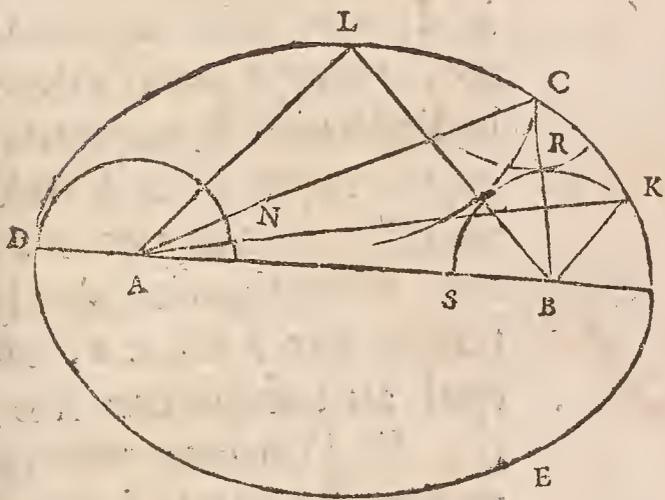
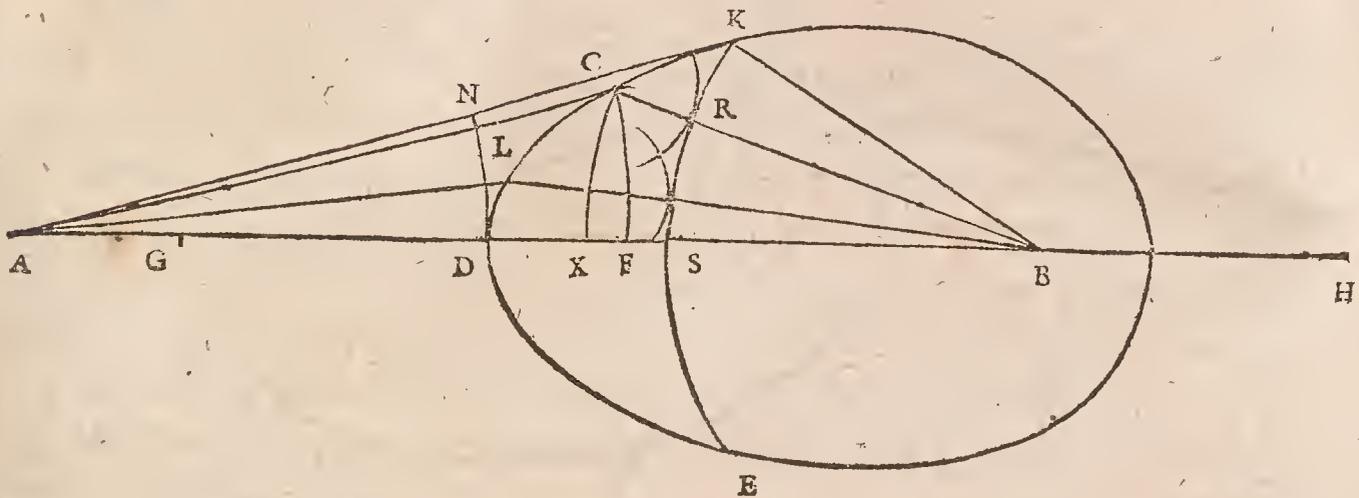
Après avoir expliqué comment les proprietés de la reflexion, & de la refraction s'ensuivent de ce que nous avons

posé touchant la nature de la lumiere, & des corps opaques, & diaphanes; je feray voir icy une maniere fort aisée & naturelle, pour deduire, des mesmes principes, les veritables figures qui servent, ou par reflexion, ou par refraction, à assembler, ou à disperfer les rayons de lumiere, selon que l'on desire. Car encore que je ne voye pas qu'il y ait moyen de se servir de ces figures en ce qui est de la Refraction; tant à cause de la difficulté de former selon elles les verres de Lunette dans la justesse requise, que parce qu'il y a dans la refraction mesme une propriété qui empesche le parfait concours des rayons, comme M^r. Neuton a fort bien prouvé par les experiences; je ne laisseray pas d'en rapporter l'invention, puis qu'elle s'offre, pour ainsi dire, d'elle mesme, & qu'elle confirme encore nostre Theorie de la refraction, par la convenance qui se trouve icy entre le rayon rompu, & reflechi. Outre qu'il se peut faire qu'on y découvre à l'avenir des utilitez que l'on ne voit pas presentement.

Pour venir donc à ces figures, posons premierement que l'on veuille trouver une surface CDE , qui assemble les rayons, venans d'un point A , à un autre point B : & que le sommet de la surface soit le point D , donné dans la droite AB . Je dis que, soit par reflexion, ou par refraction, il faut seulement faire cette surface telle, que le chemin de la lumiere, depuis le point A jusqu'à tous les points de la ligne courbe CDE , & de ceux cy au point du concours; comme est icy le chemin par les droites AC , CB , par AL , LB , & par AD , DB ; se fasse par tout dans des temps egaux: par où l'invention de ces courbes devient fort aisée.

Car pour ce qui est de la surface reflechissante, puisque la somme des lignes AC , CB doit estre egale à celle des AD , DB , il paroît que DCE doit estre une ellipse; & pour la refraction, ayant supposé la proportion des vitesses des ondes de lumiere, dans les diaphanes A & B , connue, par ex. De 3 à 2 (qui est la
mes-

mesme, comme nous avons montré, que la proportion des Sinus dans la refraction) il faut seulement mettre DH egale

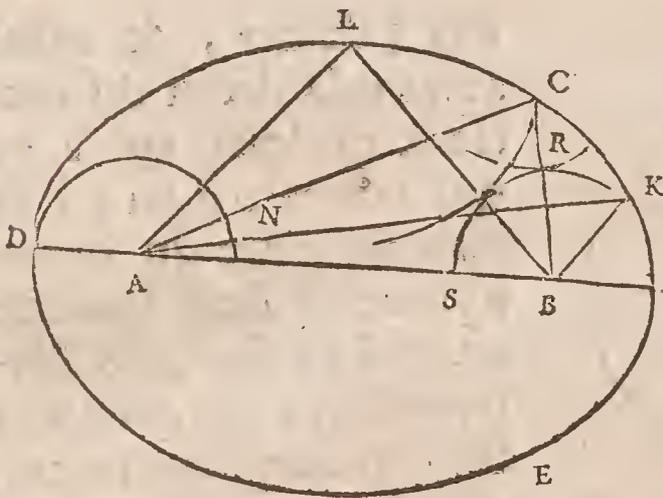
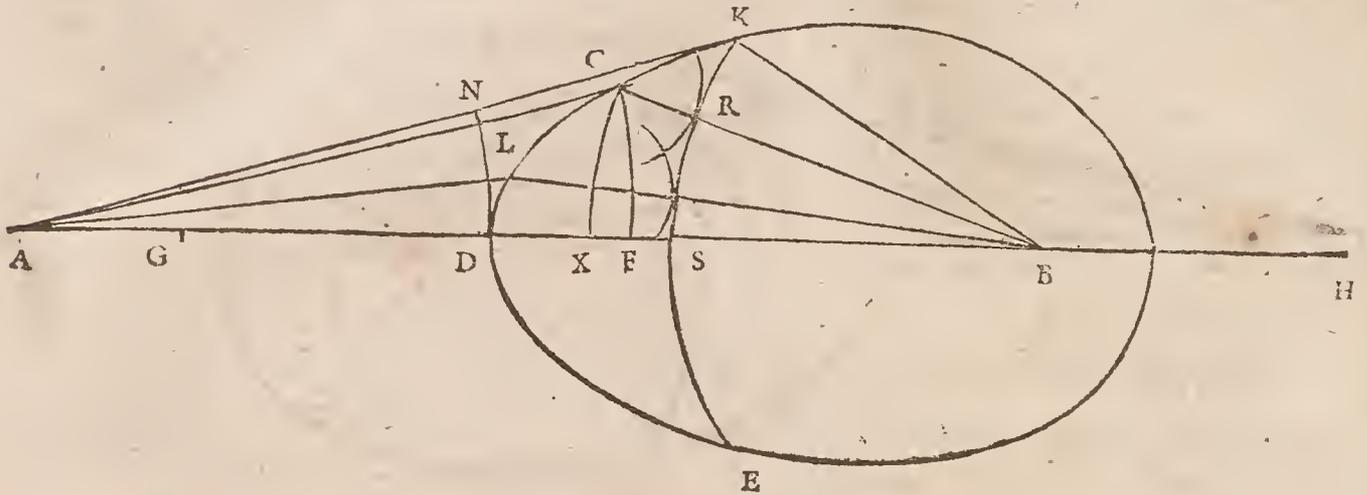


aux $\frac{1}{2}$ de DB , & ayant apres cela decrit du centre A quelque arc FC , qui coupe DB en F , en faire un autre du centre B , avec le demidiametre BX egal à $\frac{2}{3}$ de FH ; & l'interfection C des deux arcs sera un des points requis, par où la courbe doit passer.

Car ce point estant trouvé de la sorte, il est aisé premiere-ment de faire voir que le temps par AC, CB , sera egal au temps par AD, DB .

Car prenant que la ligne AD represente le temps qu'employe la lumiere à passer cette mesme AD dans l'air; il est evident que DH , egale à $\frac{1}{2}$ de DB , representera le temps de la lumiere par DB dans le diaphane, parce qu'il luy faut icy d'autant plus de temps, que son mouvement est plus lent. Partant toute la AH sera

fera le temps par $A D$, $D B$. De mesme la ligne $A C$, ou $A F$, representera le temps par $A C$; & $F H$ estant par la construction egale



à $\frac{1}{2}$ de $C B$, elle representera le temps par $C B$ dans le diaphane; & par consequent toute la $A H$ fera aussi le temps par $A C$, $C B$. D'ou il paroît que le temps par $A C$, $C B$, est egal au temps par $A D$, $D B$. Et l'on fera voir de mesme, si L & K sont d'autres

points dans la courbe $C D E$, que les temps par $A L$, $L B$, & par $A K$, $K B$ sont tousjours representez par la ligne $A H$, & par tant egaux au dit temps par $A D$, $D B$.

Pour demonstrier ensuite que les surfaces, que ces courbes feront par leur circonvolution, dirigeront tous les rayons qui viennent sur elles du point A , en sorte qu'ils tendent vers B ; soit supposé le point K dans la courbe, plus loin de D que n'est C ; mais en sorte que la droite $A K$ tombe sur la courbe, qui sert

à la

à la refraction, en dehors; & du centre B soit décrit l'arc KS , coupant BD en s , & la droite CB en R ; & du centre A l'arc DN , rencontrant AK en N .

Puisque les sommes des temps par AK , KB , & par AC , CB sont égales; si le de la première somme l'on ôte le temps par KB , & de l'autre le temps par RB ; il restera le temps par AK égal au temps par ces deux, AC , CR . Partant dans le temps que la lumière est venue par AK , elle sera aussi venue par AC , & de plus il se fera fait une onde sphérique particulière dans le diaphane, du centre C , & dont le demidiambre sera égal à CR ; laquelle onde touchera nécessairement la circonférence KS en R , puisque CB coupe cette circonférence à angles droits. De même ayant pris quelque autre point L dans la courbe, l'on montrera que dans le même temps du passage de la lumière par AK , elle sera aussi venue par AL , & que de plus il se fera fait une onde particulière du centre L , qui touchera la même circonférence KS . Et ainsi de tous les autres points de la courbe CDE . Donc, au moment que la lumière sera arrivée en K , l'arc KRS terminera le mouvement qui s'est repandu de A sur DC . Et ainsi ce même arc sera, dans le diaphane, la propagation de l'onde émanée du point A ; laquelle onde on se peut représenter par l'arc DN , ou par quelque autre plus près du centre A . Mais tous les endroits de l'arc KS sont en suite étendus suivant des droites qui luy sont perpendiculaires, c'est-à-dire qui tendent au centre B (car cela se démontre de même que nous avons prouvé cy dessus que les endroits des ondes sphériques s'étendent suivant des droites qui viennent de leur centre) & ces progrès des endroits des ondes sont les rayons mêmes de lumière. Il paroît donc que tous ces rayons tendent icy au point B .

On pourroit aussi trouver le point C & tous les autres, dans cette courbe qui sert à la refraction, en divisant DA en G en sorte que DG soit $\frac{2}{3}$ de DA , & décrivant du centre B

O

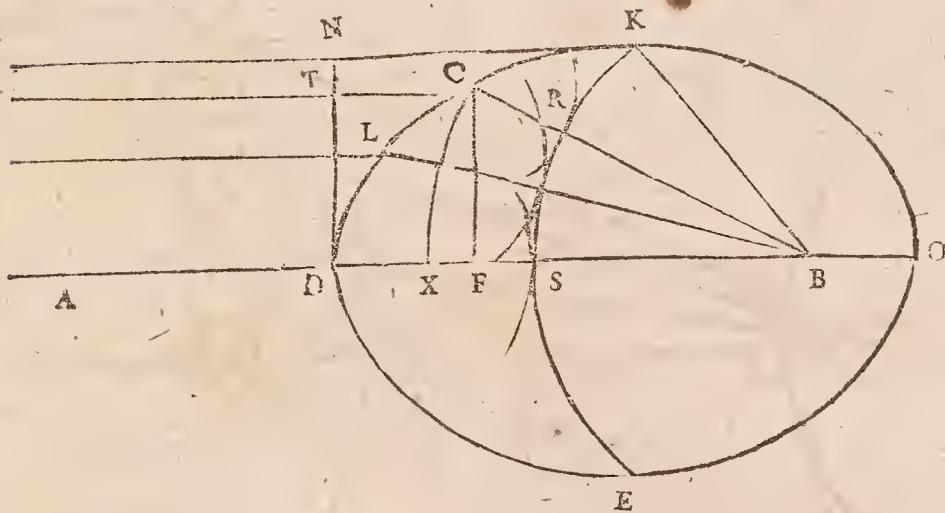
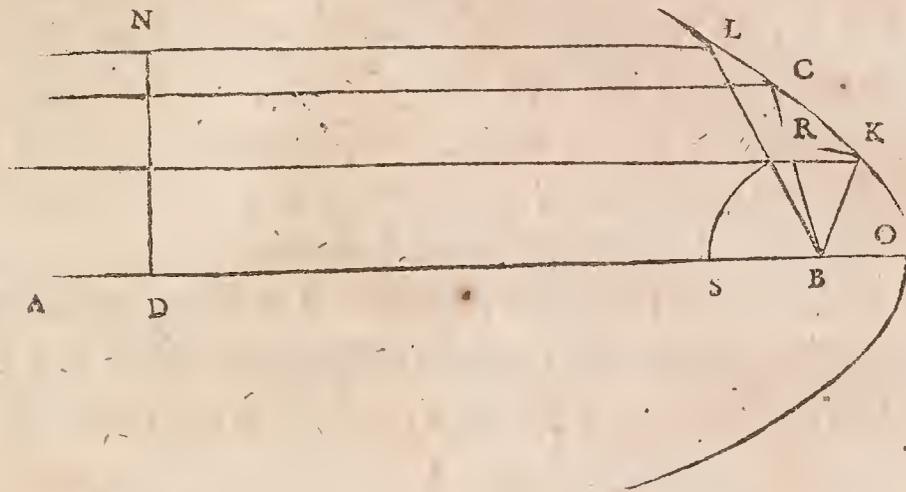
quel-

quelqu'arc CX qui coupe BD en x , & un autre du centre A avec le demidiametre AF egal à $\frac{1}{2}$ de Gx : ou bien ayant decrit, comme auparavant, l'arc CX , il ne falloit que faire DF egale à $\frac{1}{2}$ de Dx , & du centre A tracer l'arc FC : car ces deux constructions, comme l'on peut facilement connoitre, reviennent à la premiere qu'on a veüe cy devant. Et il est encore manifeste par la derniere, que cette courbe est la mesme que celle que M^r. Des Cartes a donnée dans sa Geometrie, & qu'il nomme la premiere de ses Ouales.

Il n'y a qu'une partie de cette ovale qui sert à la refraction; sçavoir, si $A\kappa$ est supposée la tangente, ce sera la partie $D\kappa$, dont le terme est κ . Quant à l'autre partie, Des Cartes a remarqué qu'elle serviroit aux refractions, s'il y avoit quelque matiere de miroir de telle nature, que par elle la force des rayons (nous dirons la vitesse de la lumiere, ce qu'il n'a pû dire par ce qu'il veut que le mouvement s'en fasse dans un instant) fust augmentée dans la proportion de 3 à 2. Mais nous avons montré que, dans nostre maniere d'expliquer la reflexion, cela ne peut provenir de la matiere du miroir, & qu'il est entierement impossible.

De ce qui a esté démontré de cette ovale, il sera aisé de trouver la figure qui sert à assembler vers un point les rayons incidens paralleles. Car en supposant toute la mesme construction, mais le point A infiniment distant, ce qui donne des rayons paralleles, nostre ovale devient une vraye Ellipse; dont la construction ne differe en rien de celle de l'ovale, sinon que FC est icy une ligne droite, perpendiculaire à DB , qui auparavant estoit un arc de cercle. Car l'onde de lumiere DN , estant de mesme representée par une ligne droite, l'on fera voir que tous les points de cette onde, s'étendans jusqu'à la surface κD par des paralleles à DB , s'avanceront ensuite vers le point B , & y arriveront en mesme temps. Pour l'Ellipse qui servoit à la reflexion, il est manifeste qu'elle devient icy une parabole, puis
qu'on

qu'on considere son foyer A infiniment distant de l'autre B ; qui est icy le foyer de la parabole , auquel tendent toutes les refle-



xions des rayons paralleles à AB . Et la demonstration de ces effets est toute la mesme que la precedente.

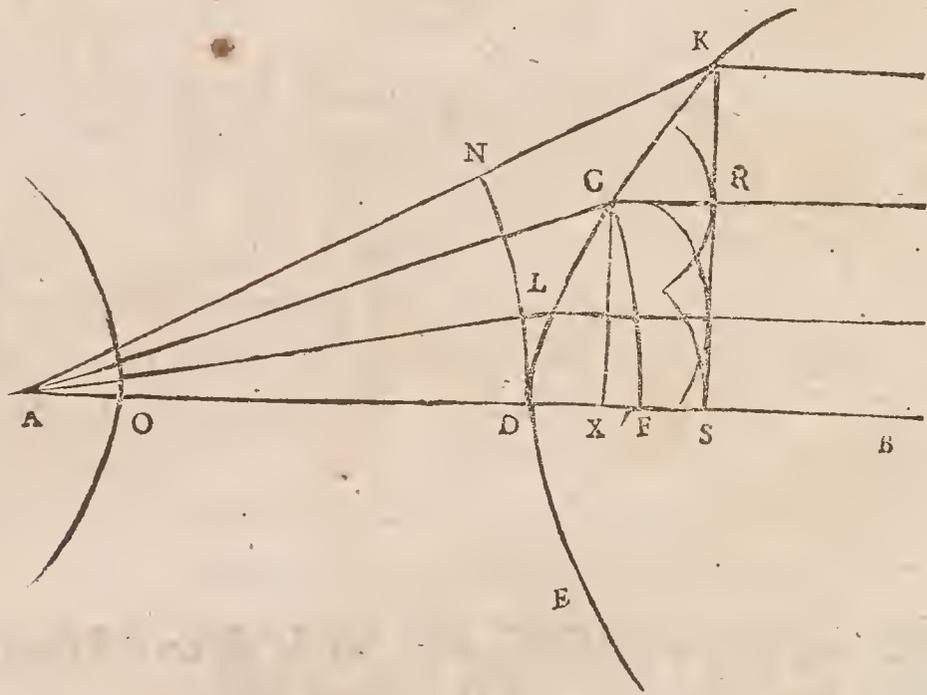
Mais que cette ligne courbe CDE , qui sert à la refraction, est une Ellipse, & telle dont le grand diametre est à la distance de ses foyers comme 3 à 2, qui est la proportion de la refraction, on le trouve facilement par le calcul d'Algebre. Car DB , qui est donnée, estant nommée a ; sa perpendiculaire DT indéterminée x ; & TC , y ; FB sera $a - y$; $CB \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$. Mais la nature de la courbe est telle, que $\frac{2}{3} TC$ avec CB est egale

O 2

à DB ,

à DB , comme il a esté dit dans la dernière construction : donc l'équation sera entre $\frac{2}{3} y + \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$ & a , qui étant réduite, vient $\frac{6}{7} ay - yy$ égal à $\frac{2}{7} xx$: c'est à dire qu'ayant fait DO égale à $\frac{6}{7} DB$, le rectangle DFO est égal à $\frac{2}{7}$ du quarré de FC . D'où l'on voit que DC est une ellipse, dont l'axe DO est au parametre comme 9 à 5; & partant le quarré de DO au quarré de la distance des foyers, comme 9 à 9-5, c'est à dire 4; & enfin la ligne DO à cette distance comme 3 à 2.

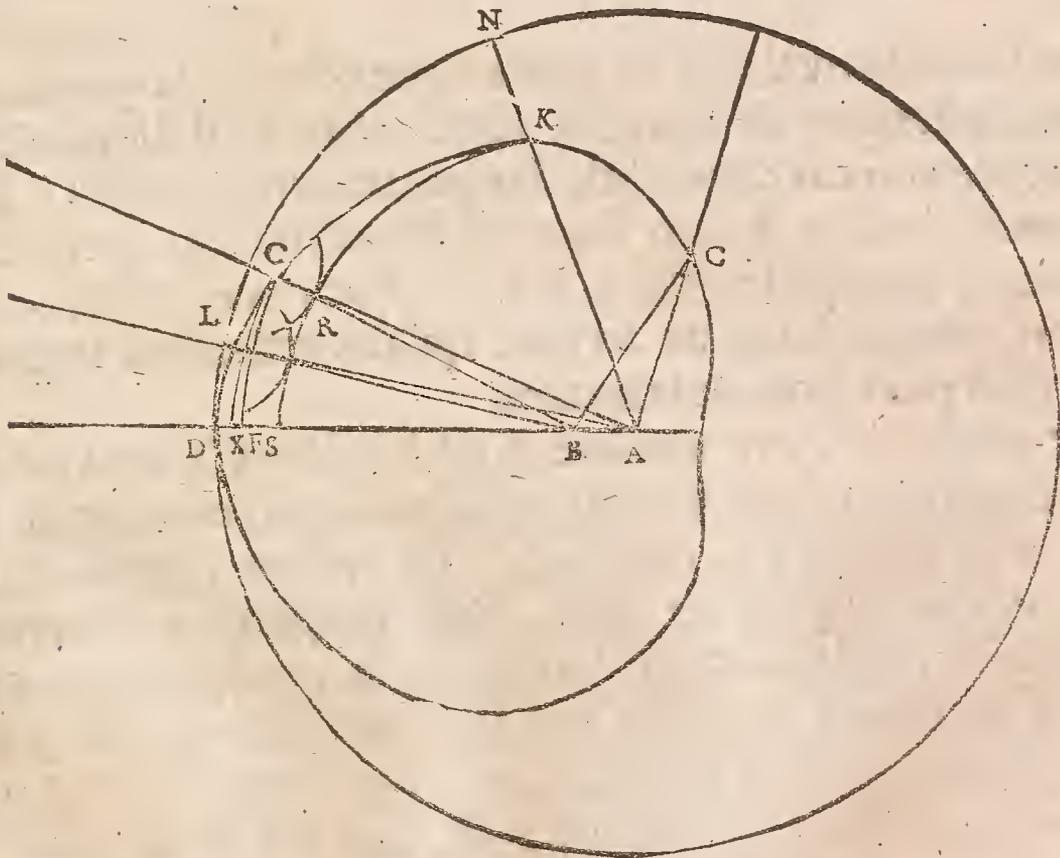
Derechef, si l'on suppose le point B infiniment loin, au lieu de nostre première ovale, nous trouverons que CDE est la véritable Hyperbole; qui fera que les rayons, qui viennent

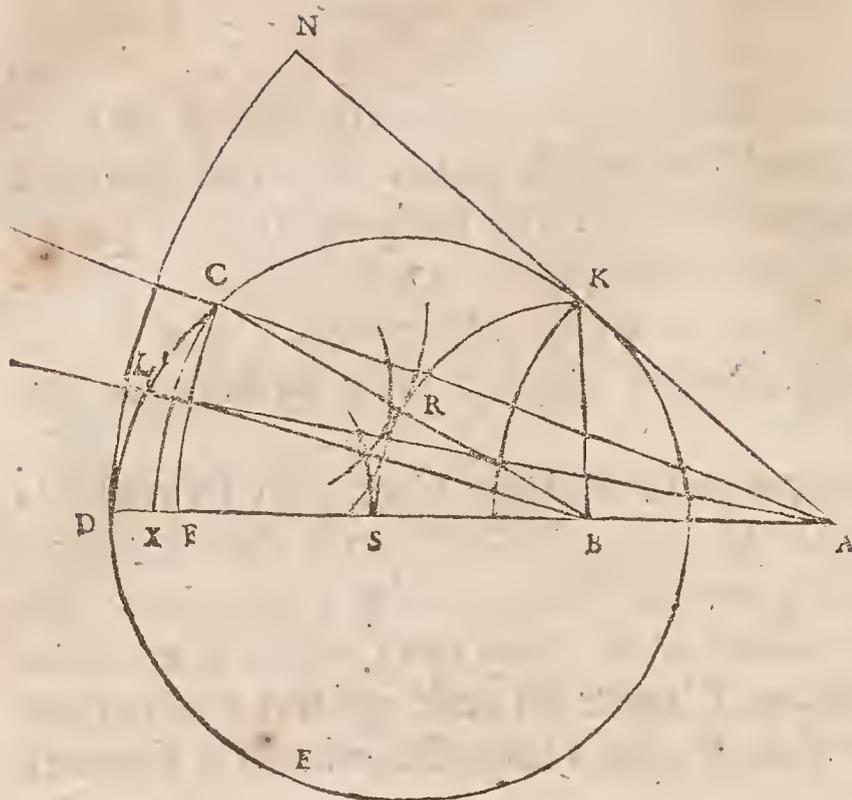


du point A , deviendront paralleles. Et par consequent aussi, que ceux qui sont paralleles dans le corps transparent, s'assembleront au dehors au point A . Or il faut remarquer que CX & KS deviennent des lignes droites perpendiculaires à BA , par ce qu'elles representent des arcs de cercles dont le centre B est infiniment distant. Et que l'interfection de la perpendiculaire CX & de l'arc FC donnera le point C , un de ceux par où la courbe doit

doit passer. Qui fera en sorte que toutes les parties de l'onde de lumière DN , venant à rencontrer la surface KDE , s'avanceront de la par des paralleles à Ks , & arriveront à cette droite en mesme temps; dont la demonstration est encore la mesme que celle qui a serui dans la premiere ovale. Au reste on trouve, par un calcul aussi aisé que le precedent, que CDE est icy une hyperbole dont l'axe DO est $\frac{4}{3}$ de AD , & le parametre egal à AD . D'où l'on demontre facilement que DO est à la distance des foyers comme 3 à 2.

Ce sont icy les deux cas ou les sections Coniques servent à la refraction; & les mesmes qu'explique Des Cartes dans sa Dioptrique: qui a trouvé le premier l'usage de ces lignes en ce qui est de la refraction, comme aussi celuy des Ouales dont nous avons deja mis la premiere. L'autre est celle qui sert aux rayons qui tendent à un point donné; dans laquelle ovale si le sommet





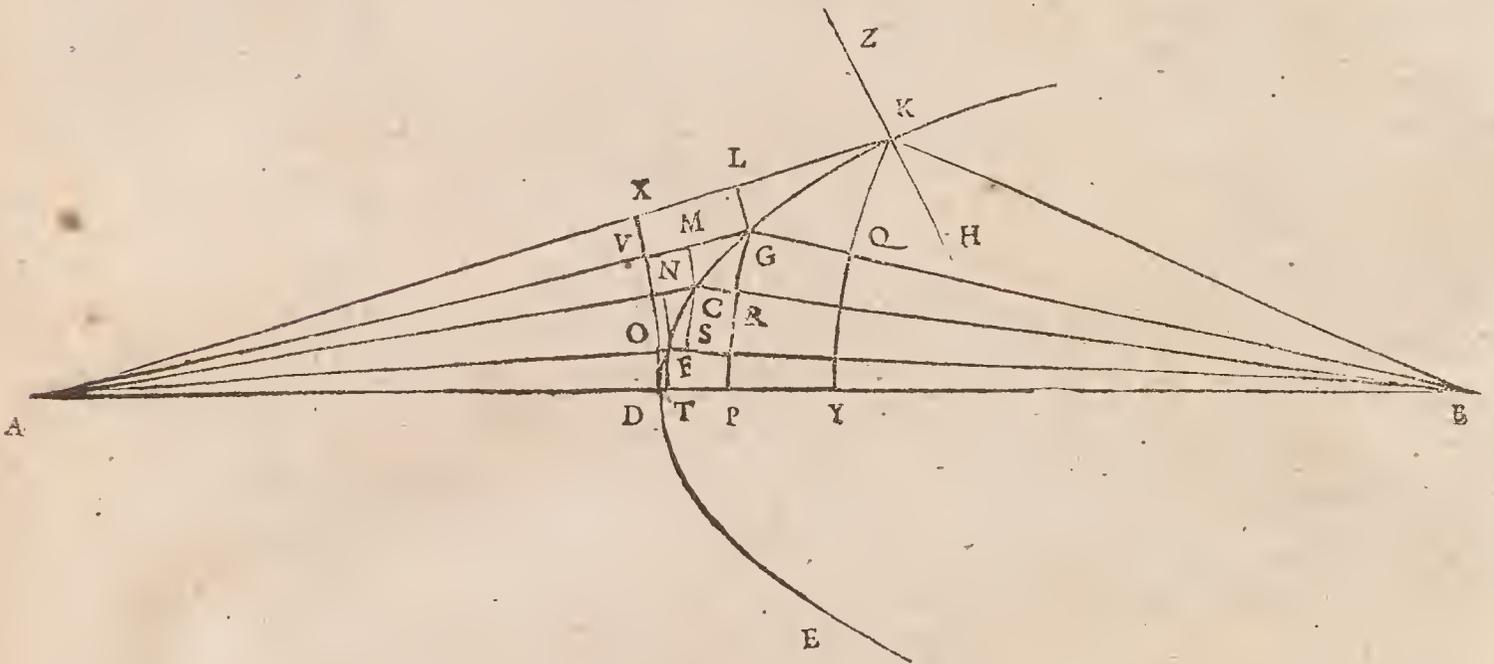
qui reçoit les rayons est D, il arrivera, selon que la raison de AD à DB est donnée plus ou moins grande, que l'autre sommet passera entre BA, ou au de la de A. Et dans ce dernier cas elle est la mesme avec celle que Des Cartes nomme la 3^e.

Or l'invention & la construction

de cette seconde ovale est la mesme que celle de la premiere, & la demonstration de son effet aussi. Mais il est digne de remarque qu'en un cas cette ovale devient un cercle parfait; sçavoir quand la raison de AD à DB est la mesme qui mesure les refractions, comme icy de 3 à 2, ce que j'avois observé il y a fort long temps. La 4^e. ne servant qu'aux reflexions impossibles, il n'est pas besoin de la mettre.

Pour ce qui est de la maniere dont M. Des Cartes a trouvé ces lignes, puisqu'il ne l'a point expliquée, ni personne du depuis que je sçache, je diray icy, en passant, quelle il me semble qu'elle doit avoir esté. Soit proposé à trouver la surface faite par la circonvolution de la courbe KDE, qui, recevant les rayons incidens qui viennent sur elle du point A, les detourne vers le point B. Considerant donc cette courbe comme deja connue, & que son sommet soit D dans

Prenant GK pour rayon du cercle. Donc LK à GQ devoit estre comme 3 à 2, & par la mesme raison MG à CR , NC à FS , OF à DT . Donc aussi la somme de toutes les antecedentes à toutes les consequentes estoit comme 3 à 2. Or en prolongeant l'arc DO , jusqu'à ce qu'il rencontre AK en X , KX est la somme des antecedentes. Et prolongeant l'arc KQ , jusqu'à ce qu'il rencontre AD en Y , la somme des consequentes est DY . Donc KX à DY devoit estre comme 3 à 2. D'ou paroissoit que la courbe KDE estoit de telle nature, qu'ayant mené de quelque point qu'on y eut pris, comme K , les droites KA , KB , l'excez dont AK sur-



passé AD , est à l'excez de DB sur KB , comme 3 à 2. Car on peut demontrer de mesme, en prenant dans la courbe quelque'autre point, comme G , que l'excez de AG sur AD , sçavoir VG , à l'excez de BD sur DG , sçavoir DP , est dans cette mesme raison de 3 à 2. Et suivant cette propriété Mr. Des Cartes a construit ces courbes dans sa Geometrie, & il a facilement reconnu que, dans les cas des rayons paralleles, ces courbes devenoient des Hyperboles, & des Ellipses. Reve-

Revenons maintenant à nostre maniere, & voyons comment elle conduit sans peine à trouver les lignes que requiert un costé du verre, lorsque l'autre est d'une figure donnée; non seulement plane ou spherique, ou faite par quelqu'une des sections Coniques (qui est la restriction avec laquelle DesCartes a proposé ce probleme, laissant la solution à ceux qui viendroient après luy) mais generalement quelconque: c'est-à-dire qui soit faite par la revolution de quelque ligne courbe donnée, à laquelle seulement on sçache mener des lignes droites tangentes.

Soit la figure donnée faite par la conversion de quelque telle courbe AK autour de l'axe AV , & que ce costé du verre reçoive des rayons venans du point L . Que de plus l'épaisseur AB , du milieu du verre, soit donnée, & le point F auquel on veut que les rayons soient tous parfaitement réunis; quelle qu'ait esté la premiere refraction, faite à la surface AK .

Je dis que pour cela il faut seulement que la ligne BDK , qui fait l'autre surface, soit telle, que le chemin de la lumiere, depuis le point L jusqu'à la surface AK , & de là à la surface BDK , & de là au point F , se fasse par tout en des temps égaux, & chacun égal au temps que la lumiere employe à passer la droite LF , de laquelle la partie AB est dans le verre.

Soit LG un rayon tombant sur l'arc AK . Sa refraction GV sera donnée par le moyen de la tangente qu'on menera au point G . Maintenant il faut trouver dans GV le point D , en sorte que FD avec $\frac{3}{2}$ de DG & la droite GL , soient égales à FB avec $\frac{3}{2}$ de BA & la droite AL ; qui comme il paroît, font une longueur donnée. Ou bien, en ôtant de part & d'autre la longueur de LG , qui est aussi donnée, il faut seulement mener FD sur la droite VG , en sorte que FD avec $\frac{3}{2}$ de DG soit égale à une ligne donnée; qui est un probleme plan fort aisé: & le point D sera un de ceux par où la courbe BDK doit passer. Et de mesme, ayant mené un autre rayon LM , & trouvé sa refraction MO , on trou-

est la refraction du rayon LG . Donc dans le temps que cet endroit d'onde est venu de G en D , l'autre qui estoit en s est arrivé en E , puisque GD , SE sont egales. Mais pendant que celui-cy avancera de E en B , l'endroit d'onde, qui estoit en D , aura repandu dans l'air son onde particuliere, dont le demidiametre DC (supposant que cette onde coupe en C la droite DF) fera $\frac{3}{2}$ de EB , puisque la vitesse de la lumiere hors du diaphane est à celle de dedans comme 3 à 2. Or il est aisé de montrer que cette onde touchera dans ce point C l'arc BP . Car puisque, par la construction, $FD + \frac{1}{2} DG + GL$, sont egales à $FB + \frac{1}{2} BA + AL$; en ostant les egales LH , LA , il restera $FD + \frac{1}{2} DG + GH$, egales à $FB + \frac{1}{2} BA$. Et Derechef, ostant d'un costé GH , & de l'autre costé $\frac{1}{2} AS$, qui sont egales, il restera FD avec $\frac{1}{2} G$, egale à FB avec $\frac{1}{2}$ de BS . mais $\frac{1}{2}$ de DG sont egales à $\frac{1}{2}$ de ES ; donc FD est egale à FB avec $\frac{1}{2}$ de BE . Mais DC estoit egale à $\frac{1}{2}$ de EB ; donc ostant de costé & d'autre ces longueurs egales, restera CF egale à FB ; & ainsi il paroît que l'onde, dont le demidiametre est DC , touche l'arc BP au moment que la lumiere, venue du point L , est arrivée en B par la droite LB . l'on demonstrera de mesme, que dans ce mesme moment, la lumiere, venue par tout autre rayon, comme LM , MN , aura repandu du mouvement qui est terminé par l'arc BP . D'où s'ensuit, comme il a esté dit souvent, que la propagation de l'onde AH , après avoir passé l'épaisseur du verre, sera l'onde spherique BP : de laquelle tous les endroits doivent s'avancer par des lignes droites, qui sont les rayons de lumiere, au centre F . Ce qu'il falloit demonstrer. On trouvera de mesme ces lignes courbes dans tous les cas que l'on peut proposer, comme on verra assez par un ou deux exemples que j'ajouteray.

Soit donnée la surface du verre AK , faite par la revolution de la ligne AK , courbe ou droite, autour de l'axe BA . Soit aussi donné dans l'axe le point L , & BA l'épaisseur du verre; & qu'il

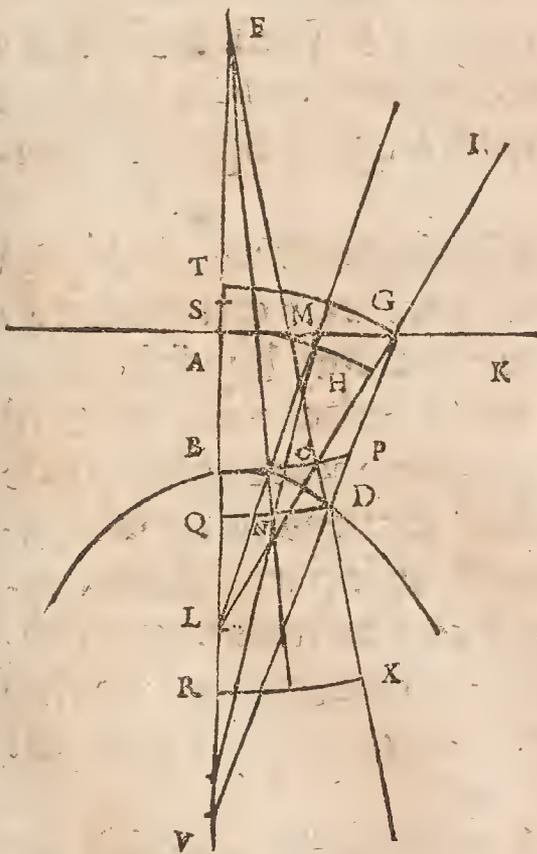
tion fera la mesme qu'auparavant. Par laquelle on prouvera que les ondes, qui viennent du point L , apres avoir passé le verre $KAKB$, prendront la forme de lignes droites, comme BC ; qui est la mesme chose que de dire que les rayons deviennent paralleles. D'où s'ensuit reciproquement, que, tombant paralleles sur la surface KDB , ils l'assembleront au point L .

Soit encore donnée la surface AK , telle qu'on voudra, faite par revolution sur l'axe AB ; & l'épaisseur du milieu du verre AB . Soit aussi donné dans l'axe le point L derriere le verre, au quel point on suppose que tendent les rayons qui tombent sur la surface AK ; & qu'il faille trouver la surface BD , qui, au sortir du verre, les detourne comme s'ils venoient du point F , qui est devant le verre.

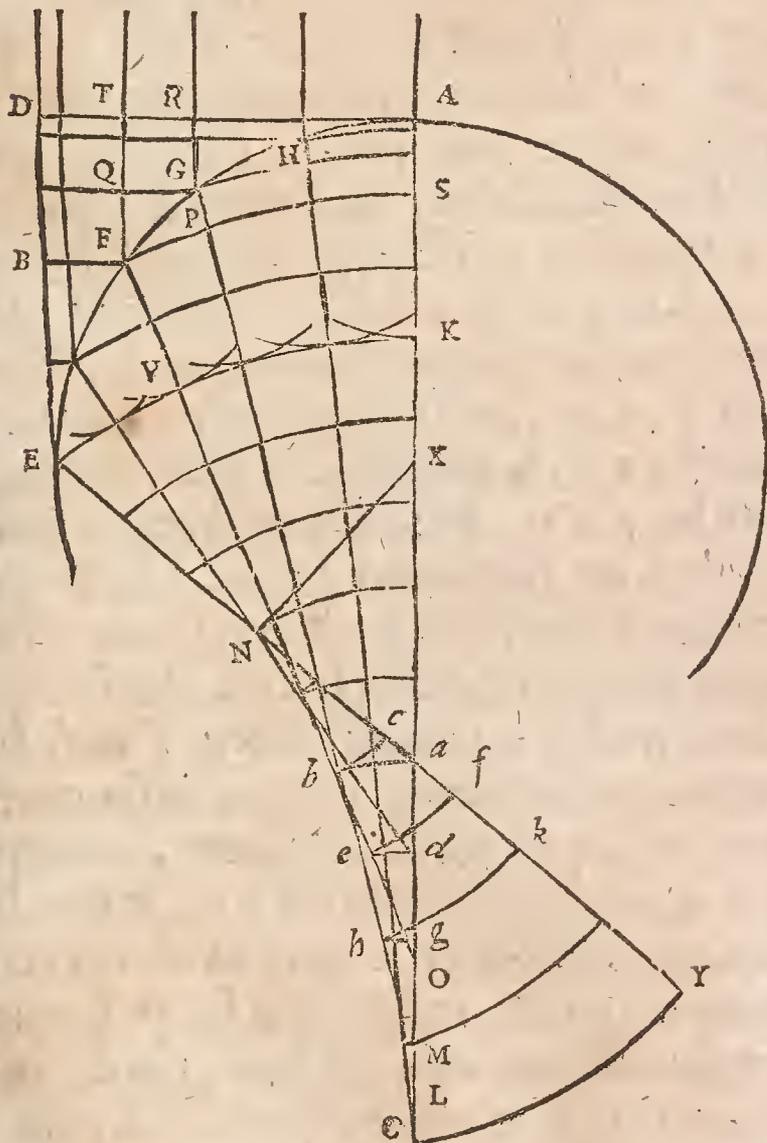
Ayant pris quelque point G dans la ligne AK , & menant la

droite IGL , sa partie GI representera un des rayons incidents, duquel se trouvera la refraction Gv ; & c'est dans elle qu'il faut trouver le point D , un de ceux par où la courbe DB doit passer. Posons qu'il soit trouvé, & du centre L soit décrit l'arc de cercle GT , coupant la droite AB en T , en cas que LG soit plus grande que LA ; car autrement il faut decrire du mesme centre l'arc AH , qui coupe la droite LG en H . Cet arc GT , (ou dans l'autre cas AH) representera une onde de la lumiere incidente, dont les rayons tendent vers L . Pareillement du centre F soit de-

crit l'arc de cercle DQ , qui representera une onde qui sort du point F .



se notable touchant la refraction inordonnée des surfaces spheriques, planes, & autres ; laquelle, estant ignoré, pourroit causer quelque doute touchant ce que nous avons dit plusieurs fois, que les rayons de lumiere sont des lignes droites, qui coupent les ondes, qui s'en repandent, à angles droits. Car les rayons qui tombent paralleles, par exemple, sur une surface spherique AFE, s'entre coupant, apres leur refraction, en des points differents, comme represente cette figure ; quelles pourront



estre les ondes de lumiere dans ce diaphane, qui soient coupées à angles droits par les rayons convergents ? car elles ne scauroient estre spheriques ; & que deviendront ces ondes apres que lesdits rayons commencent à s'entre couper ? L'on verra, dans la solution de cette difficulté, qu'il se passe en cecy quelque chose de fort remarquable, & que les ondes ne laissent pas de subsister tousjours ; quoy qu'elles ne passent pas entieres, comme à travers les verres composez, dont nous

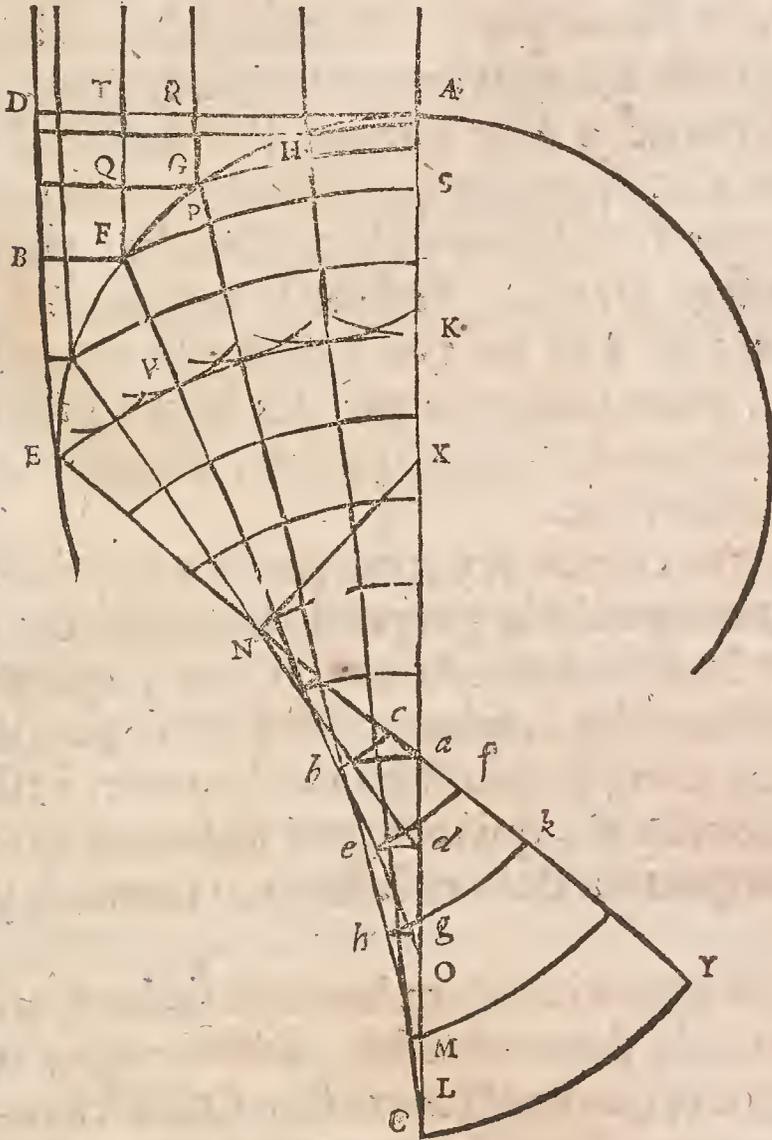
venons de voir la construction.

Se-

Selon ce qui a esté montré cy dessus , la droite $A D$, qui du sommet de la sphere est menée perpendiculaire à son axe auxquelles rayons viennent paralleles , represente l'onde de lumiere ; & dans le temps que son endroit D sera parvenu à la surface spherique $A G E$ en E , les autres parties auront rencontré la mesme surface en F, G, H &c. & auront encore formé des ondes spheriques particulieres , dont ces points sont les centres. Et la surface $E K$, que toutes ces ondes toucheront, sera la propagation de l'onde $A D$ dans la sphere, au moment que l'endroit D est venu en E . Or la ligne $E K$ n'est pas un arc de cercle , mais c'est une ligne courbe faite par l'Evolution d'une autre courbe $E N C$, qui touche tous les rayons $H L, G M, F O$, &c. qui sont les refractions des rayons paralleles ; en imaginant qu'il y ait un fil couché sur la convexité $E N C$, qui se developpant decrive, avec le bout E , ladite courbe $E K$. Car supposant que cette courbe est ainsi decrite, nous demontrerons que les dites ondes formées des centres F, G, H , &c. la toucheront toutes.

Il est certain que la courbe $E K$, & toutes les autres, decrites par l'evolution de la courbe $E N C$, avec des differentes longueurs du fil, couperont tous les rayons $H L, G M, F O$ &c. à angles droits, & en sorte que leurs parties, interceptées entre deux telles courbes, seront toutes egales, car cela s'ensuit de ce qui a esté démontré dans nostre traité *de Motu Pendulorum*. Or imaginant les rayons incidents comme infiniment proches les uns des autres, si l'on en considere deux, comme $R G, T F$, & qu'on mene $G Q$ perpendiculaire sur $R G$, & que la courbe $F S$, qui coupe $G M$ en P , soit decrite par l'evolution de la courbe $N C$, en commençant par F , jusqu'où je suppose que le fil s'étend ; on peut prendre sa particule $F P$ pour une droite perpendiculaire sur le rayon $G M$, & de mesme l'arc $G F$ comme une ligne droite. Mais $G M$ estant la refraction du rayon $R G$, & $F P$ estant perpendiculaire sur elle, il faut que $Q F$ soit à $G P$ comme

comme 3 à 2, c'est-à-dire dans la proportion de la refraction; comme il a esté montré cy dessus en expliquant l'invention de Des Cartes. Et la mesme chose arrive dans tous les petits arcs GH, HA, &c. Sçavoir que, dans les quadrilateres qui les



enferment, le costé parallele à l'axe est à son opposé comme 3 à 2. Donc aussi comme 3 à 2, ainsi sera la somme des uns à la somme des autres, c'est-à-dire TF à AS, & DE à AK, & BE à SK OU DV, en supposant que v est l'interfection de la courbe EK & du rayon FO. Mais, faisant FB perp. sur DE, comme 3 à 2 ainsi est encore BE au demidiametre de l'onde spherique emanée du point F, pendant que la lumiere hors du diaphane a passé l'espace BE; donc il paroît que cette onde coupera le

rayon FM au mesme point v, où il est coupé à angles droits par la courbe EK, & que partant l'onde touchera cette courbe. L'on prouvera de la mesme maniere qu'il en est ainsi de toutes les autres ondes susdites, nées des points G, H, &c. sçavoir qu'elles toucheront la courbe EK, dans le mo-

Q

ment

ment que l'endroit D de l'onde ED fera parvenu en E .

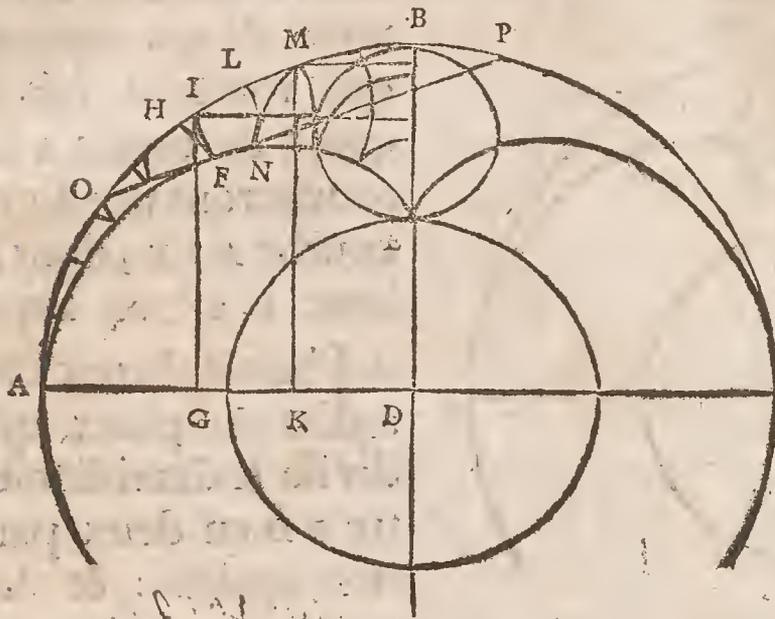
Pour dire maintenant ce que deviennent ces ondes, apres que les rayons commencent à se croiser : c'est que de là elles se replient, & sont composées de deux parties qui tiennent ensemble, l'une estant une courbe faite par l'evolution de la courbe ENC en un sens, & l'autre par l'evolution de la mesme dans l'autre sens. Ainsi l'onde KE , en avançant vers le concours, devient abc , dont la partie ab se fait par l'evolution de bc , portion de la courbe ENC , pendant que le bout c demeure attaché; & la partie bc par l'evolution de la portion BE , pendant que le bout E demeure attaché. Ensuite la mesme onde devient def ; puis ghk ; & à la fin cy ; d'où elle s'étend ensuite sans aucun repli, mais tousjours par des lignes courbes, qui se font de l'evolution de la courbe ENC , augmentée de quelque ligne droite du costé c .

Il y a mesme, dans cette courbe icy, une partie EN qui est droite, estant N le point où tombe la perpendiculaire du centre de la sphere x , sur la refraction du rayon DE , que je suppose maintenant qu'il touche la sphere. Et c'est depuis le point N , que commence le repli des ondes de lumiere, jusqu'à l'extremité de la courbe c ; qui se trouve en faisant que AC à CX soit dans la proportion de la refraction, comme icy de 3 à 2.

L'on trouve aussi tant d'autres points qu'on veut de la courbe NC par un Theoreme qu'a demonsté Mr. Barrow dans la 12. de ses Leçons Optiques, quoyqu'à autre fin. Et il est à remarquer qu'on peut donner une ligne droite egale à cette courbe. Car puis qu'ensemble avec la droite NE , elle est egale à la droite CK , qui est connue, parce que DE à AK est dans la proportion de la refraction: il paroît qu'en ostant EN de CK , le reste sera egal à la courbe NC .

L'on trouvera de mesme des ondes repliées dans la reflexion
d'un

l'endroit K en M , alors les courbes LN , NM feront ensemble la propagation de cette partie. Et ainsi cette onde repliée avan-



cera toujours, jusqu'à ce que la pointe N soit parvenue au foyer E . La courbe AFE se voit dans la fumée, ou dans la poussière qui vole, lorsqu'un miroir concave est opposé au

soleil; & il faut sçavoir qu'elle n'est autre chose, que celle qui se décrit par le point E de la circon-

ference du cercle EB ; lorsqu'on fait rouler ce cercle sur un autre dont le demidiame est ED , & le centre D . De sorte que c'est une maniere de Cycloide, mais de laquelle les points se peuvent trouver geometriquement.

Sa longueur est egale precisement aux $\frac{3}{4}$ du diametre de la sphere: ce qui se trouve, & se demonstre par le moyen de ces ondes, à peu pres de mesme que la mesure de la courbe precedente: quoyqu'il se pourroit encore demonstrier par d'autres manieres, que je laisse, parce que cela est hors du sujet. L'espace $A O B E F A$, compris de l'arc du quart de cercle, de la droite BE , & de la courbe EFA , est egal à la quatrieme partie du quart de cercle DAB .

F I N.

DISCOVERS
DE LA CAUSE
DE LA
PESANTEUR.

Par C. H. D. Z. *huygens.*



A L E I D E,
Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.
M D C X C.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

LABORATORY

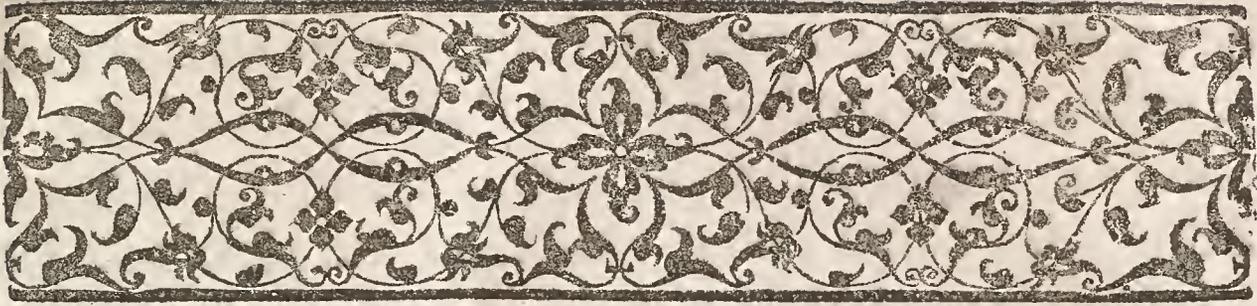
RESEARCH REPORT

NO. 100



1950

CHICAGO, ILLINOIS



P R E F A C E.

La Nature agit par des voies si secrettes & si imperceptibles, en amenant vers la Terre les corps qu'on appelle pesants, que quelque attention ou industrie qu'on emploie, les sens n'y sçauroient rien decouvrir. C'est ce qui a obligé les Philosophes des siècles passez à ne chercher la cause de cet admirable effet, que dans les corps mesmes, & de l'attribuer à quelque qualité interne & inherente, qui les faisoit tendre en bas & vers le centre de la Terre, ou à un appetit des parties à s'unir au tout. ce qui n'estoit pas exposer les causes, mais supposer des Principes obscurs & non entendus. On peut le pardonner à ceux qui se contentoient de pareilles solutions en bien de rencontres; mais non pas si bien à Democrite & à ceux de sa Secte, qui aiant entrepris de rendre raison de tout par les Atomes, en ont excepté la seule Pesanteur; qu'ils ont attachée

aux corps terrestres , & aux Atomes mesmes, sans s'enquerir d'où elle leur pouvoit venir. Parmi les auteurs & restaurateurs modernes de la Philosophie , plusieurs ont bien jugé qu'il falloit etablir quelque chose au dehors des corps , pour causer les attractions & les fuites qu'on y observe : mais ils ne sont allez guere plus loin que ces premiers, lors qu'ils ont eu recours , les uns à un air subtil & pesant, qui en pressant les corps les fist descendre ; (car c'est supposer desja une pesanteur , & il est si fort contre les loix de la Mecha- nique de vouloir qu'une matiere liquide & pesante presse en bas les corps qu'elle environne, qu'au contraire elle devoit les faire monter, estant supposez sans aucun poids en eux mesmes , tout ainsi que l'eau fait monter une phiole vuide qu'on y enfonce :) les autres à des esprits & à des emanations immaterielles ; ce qui n'eclaircit de rien , puisque nous n'avons nulle conception, comment ce qui est immateriel donne du mouvement à une substance corporelle.

Mr. Des Cartes à mieux reconnu que ceux qui l'ont precedé , qu'on ne comprendroit jamais rien d'avantage dans la Physique , que ce qu'on pourroit rapporter à des Principes qui n'excedent pas la portée de nostre esprit, tels que sont ceux qui dependent des corps, confidez sans qualitez , & de leurs mouvements. Mais comme la plus grande difficul-

té consiste à faire voir comment tant de choses diverses sont effectuées par ces seuls Principes, c'est à cela qu'il n'a pas fort réussi dans plusieurs sujets particuliers qu'il s'est proposé à examiner : desquels est entre autres, à mon avis, celui de la Pesanteur. On en jugera par les remarques que je fais en quelques endroits sur ce qu'il en a écrit ; aux quelles j'en aurois pû joindre d'autres. Et cependant j'avoue que ses essais, & ses vuës, quoyque fausses, ont servi à m'ouvrir le chemin à ce que j'ay trouvé sur ce mesme sujet.

Je ne le donne pas comme estant exempt de tout doute, ni à quoy on ne puisse faire des objections. Il est trop difficile d'aller jusques là dans des recherches de cette nature. Je crois pourtant que si l'hypothese principale, sur la quelle je me fonde, n'est pas la véritable, il y a peu d'esperance qu'on la puisse rencontrer, en demeurant dans les limites de la vraye & saine Philosophie.

Au reste, ce que j'apporte icy, entant qu'il ne regarde que la cause de la Pesanteur, ne paroitra pas nouveau à ceux qui auront lû le Traité de Physique de M^r. Rohault ; parce que ma Theorie y est rapportée presque entiere. Car ce Philosophe ayant vû mon Experience de l'eau tournante, & ayant entendu l'application que j'en faisois, (ainsi qu'il le

reconnoit avec ingenuité,) a trouvé assez de vraisemblance dans mon opinion, pour la vouloir suivre. Mais parce que parmy mes pensées, il mesle aucunement celles de Mr. Des Cartes, & les siennes propres, & qu'il omet plusieurs choses qui apartiennent à cette matiere, dont il y en a qu'il ne pouvoit pas sçavoir, j'ay esté bien aise qu'on vist comme je l'ay traitée moy mesme.

La plus grande partie de ce Discours a esté écrite du temps que je demeurois à Paris, & elle est dans les Registres de l'Academie Royale des Sciences, jusques à l'endroit où il est parlé de l'alteration des Pendules par le mouvement de la Terre. Le reste a esté adjouté plusieurs années apres: & en suite encore l'Addition, à l'occasion qu'on y trouvera indiquée au commencement.

T A B L E

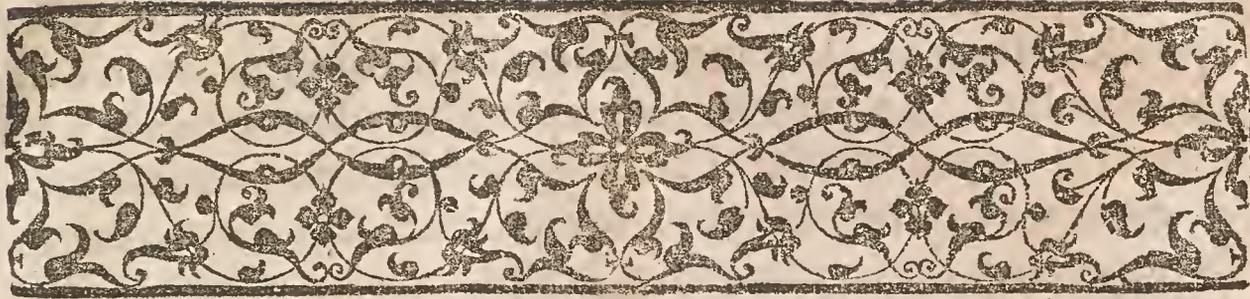
D E S M A T I E R E S

Traitées dans ce Discours.

<i>Que mon Explication de la Pesanteur differe de celle de Mr. Des Cartes.</i>	p. 130.
<i>La force Centrifuge comparée à celle de la Pesanteur.</i>	p. 130.
<i>Comment elle peut servir à causer la Pesanteur.</i>	p. 131.
<i>Experience qui represente l'effet de la Pesanteur.</i>	p. 132.
<i>Experience de Mr. Des Cartes pour la mesme fin.</i>	p. 133.
<i>Hypothese pour expliquer la Pesanteur.</i>	p. 135.
<i>Sa definition.</i>	p. 137.
<i>Pourquoy on ne s'apperçoit pas du mouvement de la matiere qui cause la Pesanteur.</i>	p. 137.
<i>Qu'il y a encore d'autres matieres qui remplissent les espaces de l'air.</i>	p. 137.
<i>Que la matiere, qui cause la Pesanteur, passe par les pores de tous les corps que nous connoissons.</i>	p. 139.
<i>Ce qui fait la differente Pesanteur des corps.</i>	p. 139.
<i>Que les Pesanteurs des corps gardent la mesme proportion que les quantitez de matiere qui les composent.</i>	p. 140.
<i>Refutation de l'opinion contraire de Mr. Des Cartes.</i>	p. 140.
<i>Quelle est la vitesse de la matiere qui cause la Pesanteur sur la Terre.</i>	p. 142.
<i>Que la rapidité de cette matiere sert à rendre raison de plusieurs autres effets naturels.</i>	p. 144.
<i>Que la mesme rapidité est cause de l'acceleration continuelle des corps qui tombent.</i>	p. 144.
<i>Et de ce que leurs vitesses croissent dans la proportion des temps.</i>	p. 145.
<i>De l'observation du racourcissement du Pendule à Secondes pres de la Ligne Equinoctiale.</i>	p. 145.
<i>Quelle est la raison de cet effet.</i>	p. 146.
<i>De combien les Horloges à pendule retardent en allant vers la Ligne Equinoctiale, & comment on peut calculer ces retardements.</i>	p. 149. & 150.
<i>Que la Ligne du Plomb ne tend pas au centre de la Terre.</i>	p. 151.
<i>Que la Terre n'est pas spherique.</i>	p. 152.
<i>Experience des Horloges à pendule pour trouver les Longitudes sur mer.</i>	p. 153.
<i>Moyen de determiner quelle est la figure de la Terre.</i>	p. 154.
<i>Quelle pourroit estre cette figure, si la Terre tournoit beaucoup plus viste.</i>	p. 157.
<i>Considerations sur le Systeme de Mr. Newton.</i>	p. 160.
	Inco-

TABLE DES MATIERES, &c.

<i>Inconveniens des Tourbillons de Mr. Des Cartes,</i>	p. 161.
<i>Si la matière celeste doit estre rare.</i>	p. 161.
<i>Comment sa densité n'empêche point que les corps ne soient pesants.</i>	p. 163.
<i>Consideration sur l'extension de la Lumiere en ligne droite,</i>	p. 164.
<i>Remarque sur la Lune, qui confirme la diminution de la pesanteur, en raison contraire des quarez des distances du centre de la Terre.</i>	p. 165.
<i>S'il n'en doit pas arriver une seconde irregularité aux Horloges à pendule.</i>	p. 166.
<i>De la Pesanteur dans les Planetes de Saturne & Jupiter, & à la surface du Soleil.</i>	p. 167.
<i>Conjecture touchant la cause de la forte Lumiere du Soleil.</i>	p. 168.
<i>Du mouvement des corps pesants qui tombent, ou qui sont jettez, dans un milieu qui resiste.</i>	p. 108. & suivantes.
<i>Proprietez remarquables de la Ligne Logarithmique.</i>	p. 176.



D I S C O U R S

De la Cause

DE LA PESANTEUR.

Pour trouver une cause intelligible de la Pesanteur, il faut voir comment il se peut faire, en ne supposant dans la nature que des corps qui soient faits d'une mesme matiere, dans lesquels on ne considere aucune qualité ni aucune inclination à s'approcher les uns des autres, mais seulement des differentes grandeurs, figures, & mouvements; comment, disje il se peut faire que plusieurs pourtant de ces corps tendent directement vers un mesme centre, & s'y tiennent assemblez à l'entour; qui est le plus ordinaire & le principal phenomene de ce que nous appellons pesanteur.

La simplicité des principes que j'admets, ne laisse pas beaucoup de choix dans cette recherche. car on juge bien d'abord qu'il n'y a point d'apparence d'attribuer à la figure, ni à la petitesse des corpuscules, quelque effet semblable à celuy de la pesanteur; laquelle estant une effort, ou une inclination au mouvement, doit vraisemblablement estre produite par un mouvement. De sorte qu'il ne reste qu'à chercher de quelle maniere il peut agir, & dans quels corps il se peut rencontrer.

A regarder simplement les corps, fans cette qualité qu'on appelle pesanteur, leur mouvement est naturellement ou droit ou circulaire. Le premier leur appartenant lors qu'ils se meuvent fans empeschement : l'autre quand ils sont retenus autour de quelque centre, ou qu'ils tournent sur leur centre mesme. Nous connoissons aucunement la nature du mouvement droit, & les loix que gardent les corps dans la communication de leurs mouvements, lorsqu'ils se rencontrent. Mais tant que l'on ne considere que cette sorte de mouvement, & les reflexions qui en arrivent entre les parties de la matiere, on ne trouve rien qui les determine à tendre vers un centre. Il faut donc venir necessairement aux proprietéz du mouvement circulaire, & voir s'il y en a quelqu'une qui nous puisse servir.

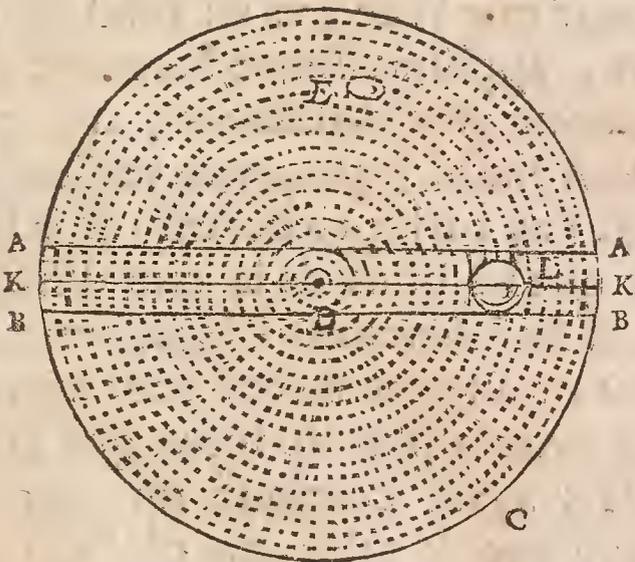
Je sçay que Mr. Des Cartes a aussi tafché dans sa Physique d'expliquer la pesanteur par le mouvement de certaine matiere qui tourne autour de la Terre; & c'est beaucoup d'avoir eu le premier cette pensée. Mais l'on verra, par les remarques que je feray dans la suite de ce discours, en quoy sa maniere est differente de celle que je vais proposer, & aussi en quoy elle m'a semblé defectueuse.

Il a consideré, comme moy, l'effort que font les corps, qui tournent circulairement, à s'eloigner du centre; dont l'experience ne nous permet pas de douter. Car en tournant une pierre dans une fronde, l'on sent qu'elle nous tire la main, & cela d'autant plus fort que l'on tourne plus viste; jusques là mesme que la corde peut venir à se casser. J'ay fait voir cy devant cette mesme propriété du mouvement circulaire, en attachant des corps pesants sur une table ronde, percée au centre, & qui tournoit sur un pivot; & j'ay trouvé la determination de sa force, & plusieurs Theoremes qui la concernent: que l'on peut voir à la fin du livre que j'ay escrit du Mouvement des Pendules. Par exemple, je dis qu'un corps tournant en rond, au bout d'une
corde

corde étendue horizontalement, s'il va avec la vitesse qu'il pourroit acquérir par sa chute, en tombant d'une hauteur égale à la moitié de la même corde, c'est-à-dire au quart du diamètre de la circonférence qu'il décrit, elle sera tirée justement avec autant de force que si elle soutenoit le même corps suspendu en l'air.

L'effort à s'éloigner du centre est donc un effet constant du mouvement circulaire. & quoique cet effet semble directement opposé à celui de la gravité, & que l'on ait objecté à Copernic que, par le tournoiement de la terre en 24 heures, les maisons & les hommes devroient estre jettez dans l'air; je feray voir pourtant, que ce même effort, que font les corps tournants en rond à s'éloigner du centre, est cause que d'autres corps concourent vers le même centre.

7. Imaginons nous qu'à l'entour du centre D il tourne de la matière fluide contenue dans l'espace A B C, dont elle ne puisse point sortir à cause des autres corps qui l'entourent. Il est

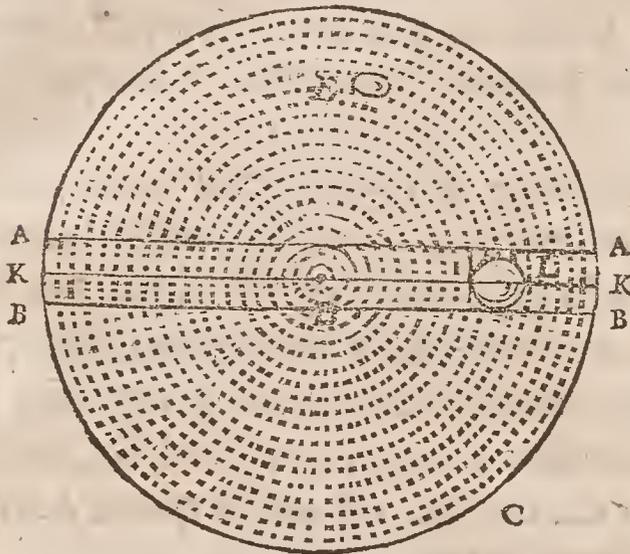


certain que toutes les parties de ce fluide font effort pour s'éloigner du centre D; mais sans aucun effet, puis que celles, qui devroient succéder en leur place, ont la même inclination à s'éloigner de ce centre. Mais si parmi les parties de cette matière il y en avoit quelqu'une, comme E, qui ne suivist pas le mouvement circulaire des au-

tres, ou qui allast moins vite que celles qui l'entourent; je dis qu'elle sera poussée vers le centre. parce que ne faisant

point d'effort pour s'en éloigner, ou en faisant moins que les parties prochaines, elle cedera à l'effort de celles qui seroît moins

éloignées du centre D, & leur fera place en s'approchant vers ce centre, puisqu'elle ne le scauroit faire autrement.



L'on peut voir cet effet par une experience que j'ay faite expres pour cela, qui merite bien d'estre remarquée, parce qu'elle fait voir à l'œil une image de la pesanteur. Je pris un vaisseau cylindrique, d'environ

8 ou 10 pouces de diametre, & dont le fond estoit blanc & uni. sa hauteur n'avoit que la moitié ou le tiers de sa largeur. L'ayant rempli d'eau, j'y jettay de la cire d'Espagne concassée, qui, estant tant soit peu plus pesante que l'eau, va au fond; & en suite je le couvris d'un verre, appliqué immédiatement sur l'eau, que j'attachay tout autour avec du ciment, afin que rien ne püst echaper. Estant ainsi ajusté, je plaçay, ce vaisseau au milieu de la table ronde, dont j'ay parlé peu devant; & la faisant tourner, je vis aussi tost que les brins de la cire d'Espagne, qui touchoient au fond, & suivoient mieux le mouvement du vaisseau que ne faisoit l'eau, s'allerent mettre tout autour des bords, par la raison qu'ils avoient plus de force que l'eau à s'éloigner du centre. Mais ayant continué un peu de temps à faire tourner le vaisseau avec la table, par où l'eau acqueroit de plus en plus le mouvement circulaire, j'arrestay soudainement la table; & alors à l'instant toute la cire d'Espagne s'enfuit au centre en un monceau, qui me representa l'effet de

la

la pesanteur. Et là raison de cecy estoit que l'eau, non-obstant le repos du vaisseau, continuoit encore son mouvement circulaire, & par consequent son effort à s'éloigner du centre; au lieu que la cire d'Espagne l'avoit perdu, ou peu s'en faut, pour toucher au fond du vaisseau qui estoit arresté. Je remarquay aussi que cette poudre s'alloit rendre au centre par des lignes Spirales, parce que l'eau l'entrainoit encore quelque peu. Mais si l'on ajuste, dans ce vaisseau, quelque corps en sorte, qu'il ne puisse point du tout suivre le mouvement de l'eau, mais seulement s'en aller vers le centre, il y sera alors poussé tout droit. Comme si L est une petite boule, qui puisse rouler librement sur le fond, entre les filets AA , BB & un troisiéme un peu plus élevé KK , tendus horizontalement par le milieu du vaisseau; l'on verra qu'aussi tost que le mouvement du vaisseau sera arresté, cette boule s'en ira au centre D . Et il faut noter que, dans cette derniere experience, on peut rendre le corps L de la mesme pesanteur que l'eau, & que la chose en succedera encore mieux; de sorte que, sans aucune difference de pesanteur des corps qui sont dans le vaisseau, le seul mouvement en produit icy l'effect.

L'experience que Mr. Des Cartes propose, dans une de ses lettres imprimées, differe beaucoup de cellescy. car il remplit le vaisseau ABC de menuë dragée de plomb, entre-meslée de quelques pieces de bois, ou d'autre matiere plus legere que le plomb: & faisant tout tourner ensemble, il dit que les pieces de bois seront chassées vers le milieu du vase. ce que je puis bien croire, pourvu toutefois qu'on frappast legerement sur les bords du vaisseau; pour faciliter la separatió de ces deux matieres. Mais ce qui arrive icy n'est nullement propre à représenter l'effet de la pesanteur; puis qu'on devroit conclure de cette experience, que les corps, qui contiennent le moins de matiere, sont ceux qui pesent le plus. ce qui est contraire à ce qui s'observe dans la veritable pesanteur. Il propose encore, dans une autre

lettre, de jeter, dans de l'eau tournante, de petits morceaux de bois, & il dit qu'ils s'en iront vers le milieu de l'eau. Au quel endroit s'il entend du bois qui nage sur l'eau, comme il y a de l'apparence, il ne se fera point de concentration. Mais s'il veut qu'il aille au fond, ce sera véritablement la même expérience que j'ay proposée peu auparavant, & le bois s'amassera au centre, mais ce sera à cause qu'en touchant au fond du vase, son mouvement circulaire sera retardé, de laquelle raison Mr. Des Cartes n'a point parlé.

Or ayant trouvé dans la nature un effet semblable à celui de la pesanteur, & dont la cause est connue, il reste à voir si l'on peut supposer qu'il arrive quelque chose de pareil à l'égard de la Terre, c'est à dire qu'il y ait quelque mouvement de matière qui contraigne les corps à tendre au centre, & qui s'accommode en même temps à tous les autres phénomènes de la pesanteur.

Supposant le mouvement journalier de la Terre, & que l'air & l'éther qui l'entourent aient ce même mouvement, il n'y a encore rien en cela qui doive produire la pesanteur: puisque, suivant l'expérience peu devant rapportée, les corps terrestres ne devraient point suivre ce mouvement circulaire de la matière céleste, mais être à son égard comme en repos, s'il faisoit qu'ils fussent poussés par elle vers le centre.

Que si l'on vouloit que la matière céleste tournât du même côté que la Terre, mais avec beaucoup plus de vitesse, il s'en suivroit que ce mouvement rapide, d'une matière qui se mouvrait continuellement & toute d'un même côté, se feroit sentir, & qu'elle emporteroit avec elle les corps qui sont sur la Terre; de même que l'eau emporte la cire d'Espagne dans notre expérience; ce qui pourtant ne se fait nullement. Mais outre cela, ce mouvement circulaire, autour de l'axe de la Terre, ne pourroit en tout cas chasser les corps, qui ne suivent pas le
mes-

mesme mouvement, que vers ce mesme axe; de sorte que nous ne verrions pas les corps pesants tomber perpendiculairement à l'horizon, mais par des lignes perpendiculaires à l'axe du monde, ce qui est encore contre l'experience.

Pour expliquer donc la pesanteur de la maniere que je la conçois, je supposeray que dans l'espace spherique, qui comprend la Terre & les corps qui sont au tour d'elle jusqu'à une grande estendue, il y a une matiere fluide qui consiste en des parties tres petites, & qui est diversement agitée en tous sens, avec beaucoup de rapidité. Laquelle matiere ne pouvant sortir de cet espace, qui est entouré d'autres corps, je dis que son mouvement doit devenir en partie circulaire autour du centre; non pas tellement pourtant qu'elle viene à tourner toute d'un mesme sens, mais en sorte que la pluspart de ses mouvemens differens se fassent dans des surfaces spheriques à l'entour du centre dudit espace, qui pour cela devient aussi le centre de la Terre.

La raison de ce mouvement circulaire est que la matiere contenue dans quelque espace, se meut plus aisement de cette maniere que par des mouvemens droits contraires les uns aux autres, lesquels mesme en se reflechissant, (parce que la matiere ne peut pas sortir de l'espace qui l'enferme) sont reduits à se changer en circulaires.

L'on voit cet effect du mouvement lors qu'on essaie de l'argent par la Coupelle; car la petite boule de plomb meslée d'argent, ayant ses parties fortement agitées par la chaleur, tourne incessamment autour de son centre, tantost d'un costé tantost d'un autre, changeant à tous momens, & si viste que l'oeil a de la peine à s'en appercevoir. Il arrive encore la mesme chose à une goutte de suif de chandelle, lors que la tenant suspendue à la pointe des mouchettes, on l'approche de la flame, car elle se met à tourner avec une tres grande vitesse.

Il est vray que d'ordinaire cette goutte tourne toute d'un

costé ou d'autre , selon que la flame de la chandelle vient à la toucher. Mais dans la matiere celeste , que j'ay supposée , il n'en doit pas arriver de mesme , par ce qu'ayant une fois du mouvement en tous sens , il faut qu'il en demeure toujours , quoyqu'il soit changé en spherique , par ce qu'il n'y a pas de raison pourquoy le mouvement d'une partie de la matiere l'emporterait sur celuy des autres , pour faire que toute la masse tournast d'un mesme sens. Car au contraire, la loy de la nature, que j'ay rapportée ailleurs, est telle dans la rencontre des corps qui sont diversement agitez, qu'il s'y conserve toujours la mesme quantité de mouvement vers le mesme costé.

Et quoy que ces mouvemens circulaires, en tant de sens divers dans un mesme espace, semblent se devoir contrarier & empêcher souvent ; la grande mobilité toute fois de la matiere , aydée par la petitesse de ses parties , qui surpasse de beaucoup l'imagination , fait qu'elle souffre assez facilement toutes ces differentes agitations. L'on voit quand on a brouillé de l'eau dans une phiole de verre , de combien de differens mouvemens les parties sont capables ; & il faut se figurer la liquidité de la matiere celeste incomparablement plus grande que celle que nous remarquons dans l'eau ; qui estant composée de parties pesantes , entassées les unes sur les autres , devient par là paresseuse au mouvement ; au lieu que la matiere celeste , se mouvant librement de tous costez , prend tres facilement des impressions differentes par les diverses rencontres de ses parties , ou par la moindre impulsion des autres corps. & s'il n'estoit ainsi, l'air ne cederait pas si facilement qu'il fait au mouvement de nos mains. De sorte qu'il faut considerer que les mouvemens circulaires de cette matiere fluide, autour de la Terre, sont bien souvent interrompus & changez en d'autres , mais qu'il en demeure toujours plus que de ceux qui suivent d'autres routes: ce qui suffit pour le present dessein.

Il n'est pas difficile maintenant d'expliquer comment par ce mouvement la pesanteur est produite. Car si parmy la matiere fluide, qui tourne dans l'espace que nous avons supposé, il se rencontre des parties beaucoup plus grosses que celles qui la composent, ou des corps faits d'un amas de petites parties accrochées ensemble, & que ces corps ne suivent pas le mouvement rapide de ladite matiere, ils seront necessairement poussez vers le centre du mouvement, & y formeront le globe Terrestre s'il y en a assez pour cela, supposé que la Terre ne fust pas encore. Et la raison est la mesme que celle qui, dans l'experience [raportée cy dessus, fait que la cire d'Espagne s'amasse au centre du vaisseau. C'est donc en cela que consiste vraisemblablement la pesanteur des corps : laquelle on peut dire, que c'est l'effort que fait la matiere fluide, qui tourne circulairement autour du centre de la Terre en tous sens, à s'éloigner de ce centre, & à pousser en sa place les corps qui ne suivent pas ce mouvement.

Or la raison pourquoy des corps pesants, que nous voions descendre dans l'air, ne suivent pas le mouvement spherique de la matiere fluide, est assez manifeste ; parce qu'y ayant de ce mouvement vers tous les costez, les impulsions qu'un corps en reçoit se succèdent si subitement les unes aux autres, qu'il y intercede moins de temps qu'il luy en faudroit pour acquerir un mouvement sensible. Mais comme cette seule raison ne suffit pas pour empêcher que les corps les plus menus que l'oeil puisse appercevoir, comme sont les brins de poussiere qui voltigent dans l'air, ne soient point chassés ça & là par la rapidité de ce mouvement ; il faut sçavoir que ces petits corps ne nagent pas dans la seule matiere liquide qui cause la pesanteur : mais qu'outre celle cy il y a d'autres matieres, composées de particules plus grossieres, qui remplissent la plus grande partie de l'espace qui est autour de nous, & mesme ceux des

cieux ; lesquelles particules quoyque differemment agitées & reflexies entre elles, ne suivent pas le mouvement soudain de la matiere liquide ; parce qu'estant contiguës, ou peu distantes les unes des autres, une trop grande quantité devroit se mouvoir à la fois. L'on sçait qu'il y a autour de la Terre premiere-ment les particules de l'air, lesquelles on fera voir tout à l'heure estre plus grossieres que celles de la matiere fluide que nous avons supposée. Je dis de plus qu'il y a une matiere dont les particules sont plus menuës que celles de l'air, mais plus grossieres que celles de cette matiere fluide : ce qui se prouve par nostre experience, qu'on fait avec la Machine qui vuide l'air. Où l'on remarque l'effet d'une matiere invisible qui pese là où il n'y a point d'air ; puis qu'elle y soutient l'eau suspendue dans un tube de verre, dont le bout ouvert est plongé dans d'autre eau : & qu'elle y fait couler l'eau d'un siphon recourbé, de mesme que dans l'air : pourvu que l'eau, dans ces experiences, ait esté purgée d'air ; ce qui se fait en la laissant pendant quelques heures dans le vuide. Il paroît par là premierement, que les particules, de ce corps pesant & invisible, sont plus petites que celles de l'air, puisqu'elles passent à travers le verre qui exclud l'air, & qu'elles y font apercevoir leur pesanteur. Il paroît de plus qu'elles doivent estre plus grossieres que les particules de la matiere fluide qui cause la pesanteur, afin que le corps qu'elles composent ne suive pas le mouvement de cette matiere, par ce qu'en le suivant il ne seroit pas pesant. Il peut y avoir autour de nous encore d'autres sortes de matieres de differents degrez de tenuité, quoyque toutes plus grossieres que n'est la matiere qui cause la pesanteur. Lesquelles contribueront donc toutes à empêcher les petits brins de la poussiere d'estre emportez par le mouvement rapide de cette matiere, parce qu'elles ne suivent pas ce mouvement elles mesmes.

Il ne faut pas au reste trouver estranges ces differents degrez
de

de petits corpuscules, ni leur extreme petiteffe. Car bien que nous ayons quelque penchant à croire que des corps, à peine visibles, sont desja presque aussi petits qu'ils le peuvent estre, la raison nous dit que la mesme proportion qu'il y a d'une montagne à un grain de sable, ce grain la peut avoir à un autre petit corps, & cettuicy encore à un autre, & cela autant de fois qu'on voudra.

L'extreme petiteffe des parties de nostre matiere fluide est encore d'une necessité absolue pour rendre raison d'un effet considerable de la pesanteur; qui est que des corps pesants, enfermez de tous costez dans un vaisseau de verre, de metal, ou de quelqu'autre matiere que ce soit, se trouvent peser toujours egalemment. De sorte qu'il faut que la matiere que nous avons dit estre cause de la pesanteur, passe tres librement à travers tous les corps qu'on estime les plus solides, & avec la mesme facilité qu'à travers l'air.

Ce qui se confirme encore par ce que, s'il n'y avoit pas cette liberté de passage, une bouteille de verre peseroit autant qu'un corps massif de verre de la mesme grandeur; & que tous les corps solides d'egal volume peseroient egalemment; puisque, selon nostre Theorie, la pesanteur de chaque corps est réglée par la quantité de la matiere fluide qui doit monter en sa place.

Cette matiere passe donc facilement dans les interstices des particules dont les corps sont composez, mais non pas par les particules mesmes; & ce qui cause les diverses pesanteurs, par exemple, des pierres, des metaux &c. c'est que ceux de ces corps, qui sont plus pesants, contiennent plus de telles particules, non en nombre mais en volume: car c'est en leur place seulement que la matiere fluide peut monter. Mais parce qu'on pourroit douter, si ces particules, estant impenetrables à la dite matiere, sont pour cela entierement solides: (car ne l'estant pas, ou mes-

me

me estant vuides, elles devroient faire le mesme effet, par la raison que je viens de dire) je demonstreray qu'elles ont cette parfaite solidité; & que par consequent la pesanteur des corps suit precisement la proportion de la matiere, qui les compose.

Je feray remarquer pour cela ce qui arrive dans le choc de deux corps, quand ils se rencontrent d'un mouvement horizontal. Il est certain que la resistance que font les corps à estre mûs horizontalement, comme seroit une boule de marbré ou de plomb posée sur une table bien unie, n'est pas causée par leur poids vers la Terre, puisque le mouvement lateral ne tend pas à les éloigner de la Terre, & qu'ainsi il n'est nullement contraire à l'action de la pesanteur, qui les pousse en bas.

Il n'y a donc rien que la quantité de matiere attachée ensemble, que chaque corps contient, qui produit cette resistance: de sorte que si deux corps en contiennent autant l'un que l'autre, ils reflechiront egalelement, ou demeureront tous deux sans mouvement, selon qu'ils seront durs ou mols. Mais l'experience fait voir que toutes les fois que deux corps reflechissent ainsi egalelement ou s'arrestent l'un l'autre, estant venus à se rencontrer avec d'egales vitesses, ces corps sont d'egale pesanteur: donc il s'ensuit que ceux, qui sont composez d'egale quantité de matiere, sont aussi d'egale pesanteur. ce qu'il falloit demonstrier.

Monf. Des Cartes estoit en cecy d'un autre sentiment, comme encore en ce qui regarde le passage libre de la matiere, qui cause la pesanteur, à travers les corps sur lesquels elle agit. Car pour ce qui est de ce dernier point, il veut que cette matiere soit empechée, par la rencontre de la Terre, de continuer ses mouvements en ligne droite, & que pour cela elle s'en éloigne le plus qu'elle peut. En quoy il semble n'avoir pas pensé à cette propriété de la pesanteur que j'ay fait remarquer peu auparavant

ravant. Car si le mouvement de cette matiere est empêché par la Terre, elle ne penetrera non plus librement les corps des metaux ni celui du verre. D'où il s'ensuivroit que du plomb enfermé dans une phiole perdrait son poids à l'égard de la phiole mesme, ou que du moins ce poids seroit diminué. De plus, en portant un corps pesant au fond d'un puits, ou dans quelque carriere ou mine profonde, il y devroit perdre beaucoup de sa pesanteur. Mais on n'a pas trouvé, que je scache, par experience qu'il en perde quoy que ce soit.

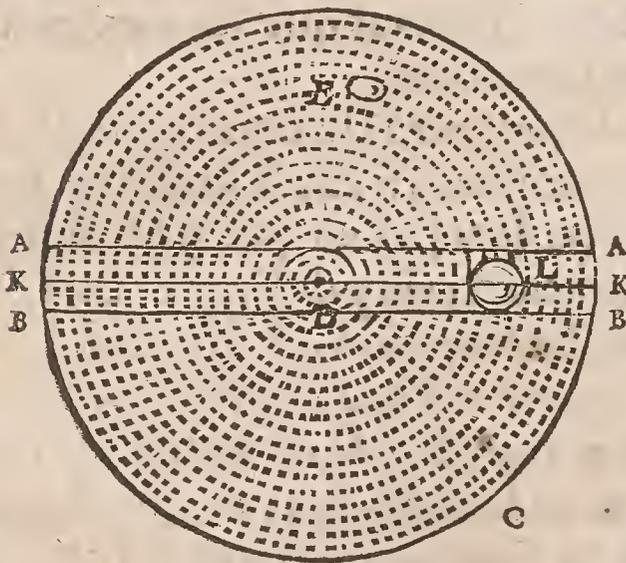
Quant à l'autre point, Mr. Des Cartes pretend, que, quoy qu'une masse d'or soit vingt fois plus pesante qu'une portion d'eau de la mesme grandeur, l'or neanmoins peut ne contenir que 4 ou 5 fois autant de matiere que l'eau: premièrement à cause qu'il faut deduire (il falloit plutost dire ajouter) un poids égal à l'un & l'autre, à raison de l'air dans lequel on les pese: & puis parce que l'eau & les autres liquides ont quelque legereté à l'égard des corps durs, d'autant que les parties des premiers sont en un mouvement continuel.

Mais on peut respondre à la premiere de ces deux raisons, que la pesanteur de l'air autour de nous, n'estant à celle de l'eau qu'environ comme 1 à 800, ce ne fera pas un poids considerable qu'il faudra ajouter également à celui de l'eau & de l'or, trouvé par la balance. Et pour l'autre raison, si elle estoit bonne, il faudroit qu'une mesme portion d'eau, apres estre gelée pesast bien d'avantage qu'estant liquide; & de mesme les metaux en masse, plus que quand ils sont fondus; ce qui est contre l'experience. Outre que je ne vois pas comment il a conceu que le mouvement des parties des corps liquides leur donneroit de la legereté, c'est-à-dire de l'effort pour s'écarter du centre, puisque pour cela il faudroit que ce mouvement fust circulaire autour du centre de la Terre, ou qu'il fust plus fort vers le haut que vers le bas, ce qu'il n'a jamais dit, mais bien

au contraire que les parties des liqueurs se meuvent en tous sens indifferemment.

Il ne semble non plus avoir considéré combien la vitesse de la matiere fluide doit estre grande, pour donner autant de pesantueur qu'on en trouve à la plus part des corps: parce qu'autrement il auroit bien jugé que le mouvement, que peuvent avoir les parties de l'eau & de semblables liquides, n'est nullement comparable au mouvement de cette matiere qui cause la pesanteur.

Pour moy j'ay recherché soigneusement le degré de cette vitesse, & je crois pouvoir determiner à peu près à combien elle doit monter. Et puis que plusieurs autres effets naturels en peuvent dependre, il ne sera pas inutile de faire voir icy ce que produit mon calcul, & sur quoy il est fondé. Reprenant donc la figure dont je me suis servi cy dessus, puis que la pesanteur du



corps E est justement égale à l'effort avec lequel une portion aussi grande, de la matiere fluide, tend à s'éloigner du centre D; ou que c'est plustost la mesme chose; il faut qu'une livre de plomb, par exemple, pese autant vers la Terre, qu'une masse de la matiere fluide, de la grandeur de ce plomb, (j'entens de la grandeur que font ses par-

ties solides) pese du costé d'enhaut pour s'éloigner du centre, par la vertu de son mouvement circulaire. Or la matiere du plomb & la matiere fluide ne different en rien selon nostre hypothese. On peut donc dire que la livre de plomb

plomb pese autant vers le bas , qu'elle peseroit vers le haut , si , demeurant à la mesme distance du centre de la Terre, elle tournoit autour avec autant de vitesse que fait la matiere fluide. Mais je trouve par ma Theorie du mouvement Circulaire, qui s'accorde parfaitement avec l'experience , qu'un corps tournant en cercle , si on veut que son effort à s'éloigner du centre , égale justement l'effort de sa simple pesanteur , il faut qu'il fasse chaque tour en autant de temps , qu'un Pendule , de la longueur du demi diametre de ce cercle , en emploie à faire deux allées. Il faut donc voir en combien de temps un pendule , de la longueur du demidiametre de la Terre , feroit ces deux allées. Ce qui est aisé par la propriété connue des pendules , & par la longueur de celuy qui bat les Secondes , qui est de 3 pieds $8\frac{1}{2}$ lignes , mesure de Paris. Et je trouve qu'il faudroit pour ces deux vibrations 1 heure $24\frac{1}{2}$ minutes ; en supposant , suivant l'exacte dimension de Mr. Picard , le demidiametre de la Terre de 19615800 pieds de la mesme mesure. La vitesse donc de la matiere fluide , à l'endroit de la surface de la Terre, doit estre égale à celle d'un corps qui feroit le tour de la Terre dans ce temps de 1 heure , $24\frac{1}{2}$ minutes. Laquelle vitesse est , à fort peu pres , 17 fois plus grande que celle d'un point sous l'Equateur ; qui fait le mesme tour , à l'égard des Etoiles fixes , comme on doit le prendre icy , en 23 heures , 56 minutes. ce qui paroît par la proportion entre ce temps & celuy d'une heure $24\frac{1}{2}$ minutes , qui est tres pres comme de 17 à 1.

Je sçay que cette rapidité semblera étrange à qui la voudra comparer avec les mouvemens qui se voient icy parmy nous. Mais cela ne doit point faire de difficulté ; & mesme , par rapport à sa sphere , ou à la grandeur de la Terre , elle ne paroitra point extraordinaire. Car si , par exemple , en regardant un Globe Terrestre , de ceux qu'on fait pour l'usage de la Geogra-

phie, on s'imagine sur ce globe un point qui n'avance que d'un degré en 14 Secondes ou battemens de pous, qui est la vitesse de la matiere que je viens de dire; on trouvera ce mouvement tres mediocre, & mesme il pourra sembler estre lent.

Il y a au reste plusieurs effets naturels qui semblent demander une matiere extremement agitée, & qui penetre facilement par les pores des corps. Telle est la force de la poudre à Canon, qui en s'allumant ne prend pas son mouvement violent d'elle mesme, ni de celuy qui en approche la mesche; & par consequent il faut qu'il viene de quelqu'autre matiere qui ait ce mouvement, & qui se trouve par tout; faisant son effet toutes les fois qu'elle y trouve une disposition convenable. Telle est aussi, à ce que je conçois, la force du Ressort, tant de l'acier & autres corps solides, que de celuy de l'air. A quoy l'on peut joindre celle des muscles des animaux: qu'on explique fort bien par une fermentation que le suc des nerfs cause dans le sang: mais d'où viendra la force de la fermentation, si ce n'est de quelque mouvement de dehors? La puissante action de la Gelée ne paroît pas non plus concevable, si on n'a recours à une impulsion violente de quelque matiere, qui fasse étendre ou la glace, en y introduisant d'autres particules, ou les bulles qui s'y forment, en augmentant l'air qu'elles contiennent. Ce qui se fait avec tant de violence, que j'en ay vû crever des canons de mousquet, dans lesquels l'eau avoit esté enfermée.

Mais pour revenir à la Pesanteur; l'extreme vitesse de la matiere qui la cause, sert encore à expliquer comment les corps pesants, en tombant, accelerent tousjours leur mouvement, quand mesme ils l'ont desja acquis à un fort grand degré de vitesse. Car celuy de la matiere fluide, surpassant encore de beaucoup la celerité d'un boulet de canon, par exemple, qui retombe de l'air, apres y avoir esté tiré perpendiculairement; ce boulet, jusqu'à la fin de sa chute, ressent à fort peu près la mesme
pression

pression de cette matiere, & partant sa celerité en est continuellement augmentée. Au lieu que, si la matiere n'avoit qu'un mouvement mediocre, la balle apres en avoir acquis autant, n'accelereroit plus sa chute, par ce qu'autrement elle seroit obligée de pousser cette mesme matiere, à succeder dans sa place avec plus de vitesse qu'elle n'auroit pour cela par son propre mouvement.

L'on peut enfin trouver icy la raison du Principe que Galilée a pris pour demontrer la proportion de l'acceleration des corps qui tombent; qui est que leur vitesse s'augmente egalement en des temps egaux. Car les corps estant poussez successivement par les parties de la matiere qui tasche de monter en leur place, & qui, comme on vient de voir, agissent continuellement sur eux avec la mesme force, du moins dans les chûtes qui tombent sous noltre experience; c'en est une suite necessaire que l'accroissement des vitesses soit proportionel à celuy des temps.

Ainsi donc j'ay expliqué, par une Hypothese qui n'a rien d'impossible, pourquoy les corps terrestres tendent au centre; pourquoy l'action de la gravité ne peut estre empêchée par l'interposition d'aucun corps de ceux que nous connoissons; pourquoy les parties de dedans de chaque corps contribuent toutes à sa pesanteur; & pourquoy en fin les corps en tombant augmentent continuellement leur vitesse, & cela dans la raison des temps. Qui sont les proprieté de la pesanteur qu'on avoit remarquées jusqu'à present.

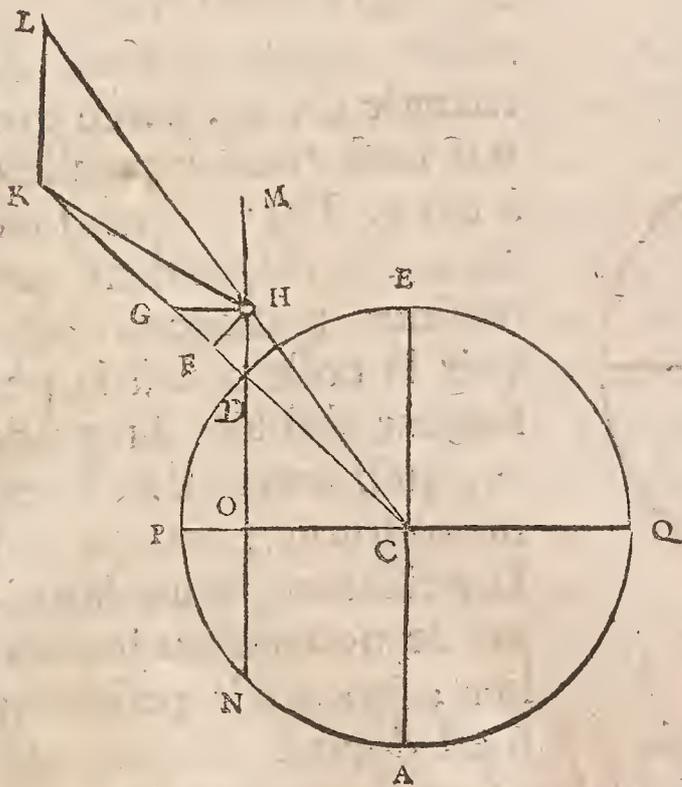
Il en reste une encore, que jusqu'icy on n'a pas crû moins certaine; qui est que les corps pesans le sont autant en un endroit de la Terre qu'en un autre. Ce qui aiant esté trouvé autrement, par des observations qu'on a faites depuis peu, il vaut la peine d'examiner d'où cela peut proceder, & quelles en sont les consequences.

L'on assure d'avoir trouvé dans la Caiene, qui est un país

dans l'Amerique, éloigné seulement de 4 ou 5 degrez de l'Equateur, qu'un Pendule qui bat les Secondes, y est plus court qu'à Paris d'une ligne & un quart. d'où sensuit que, si on prend des pendules d'égale longueur, celuy de la Caiene fait des allées un peu plus lentes que celuy de Paris. La verité du fait estant posée, on ne peut douter que ce ne soit une marque assurée de ce que les corps pesans descendent plus lentement en ce país là qu'en France. Et comme cette diversité ne sçauroit estre attribuée à la tenuité de l'air, qui est plus grande dans la zone Torride; parce qu'elle devroit causer un effet tout contraire; je ne vois pas qu'il puisse y avoir d'autre raison, sinon qu'un mesme corps pese moins sous la ligne que sous des Climats qui s'en éloignent. Je reconnus, aussi tost qu'on nous eust communiqué ce nouveau phenomene, que la cause en pouvoit estre rapportée au mouvement journalier de la Terre: qui estant plus grand en chaque país, selon qu'il approche plus de la ligne Equinoctiale, doit produire un effort proportionné à rejeter les corps du centre; & leur oster par là une certaine partie de leur pesanteur. Et il est aisé, par les choses expliquées cy dessus, de sçavoir la quantieme partie ce doit estre, dans les corps qui se trouvent placez sous l'Equateur. Car ayant trouvé, comme on a vû, que, si la Terre tournoit 17 fois plus viste qu'elle ne fait, la force Centrifuge sous l'Equateur seroit égale à toute la pesanteur d'un corps; il faut que le mouvement de la Terre, tel qu'il est maintenant, oste une partie de la pesanteur, qui soit à la pesanteur entiere comme 1 au quarré de 17, c'est-à-dire $\frac{1}{289}$; parce que les forces des corps, à s'éloigner du centre autour du quel ils tournent, sont entre elles comme les quarez de leurs vitesses, suivant mon Theoreme 3^e. de *Vi Centrifuga*. Chaque corps, sous l'Equateur, estant donc moins pesant de $\frac{1}{289}$ de ce qu'il seroit si la Terre ne tournoit point sur son axe; il s'ensuit, par les loix de la Mechanique, que la longueur d'un

d'un Pendule, en cet endroit, doit aussi estre diminuée de $\frac{1}{289}$, pour faire ses allées dans le mesme temps qu'il les feroit sur la Terre immobile.

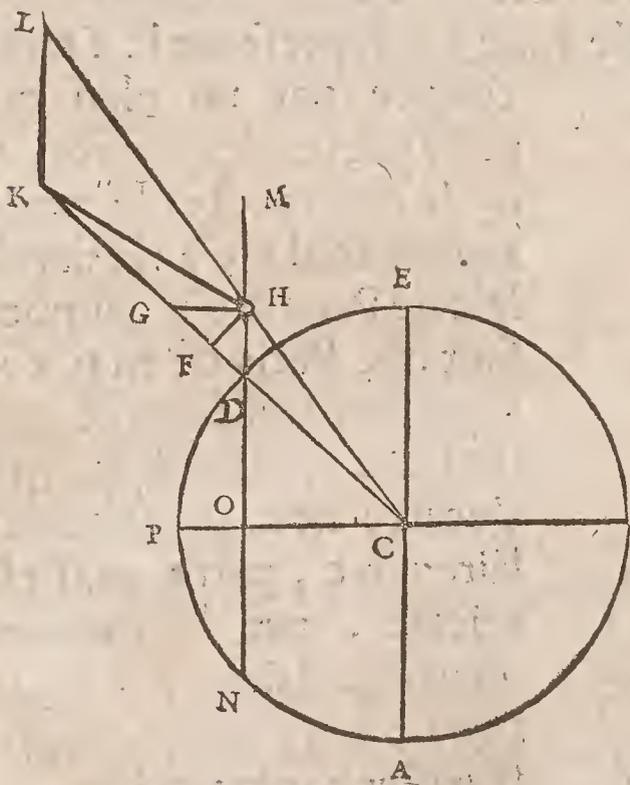
Mais pour sçavoir la diminution que doit souffrir un Pendule, qui de Paris est transporté sous la ligne Equinoctiale, il faut considerer qu'à Paris sa longueur est desia moindre que si la Terre estoit en repos; parce que le mouvement journalier fait aussi sous ce parallele son effort à éloigner les corps du centre de la Terre. Lequel effort n'est pourtant pas si grand qu'il est sous la Ligne; tant à cause que le cercle du mouvement est moindre, que parce qu'il ne chasse pas les corps directement en haut, mais suivant la perpendiculaire à l'axe de la Terre, comme l'on verra par cette figure. Le cercle $PAQE$ y represente la Terre,



coupée par un plan qui passe par ses deux poles, P , Q . le centre est C : le cercle Equinoctial $EC\Lambda$: le parallele de Paris DOM , supposant que Paris est en D . KH represente une corde qui soutient un plomb H , qui s'écarte de la perpendiculaire KDC , parce qu'il est rejetté, par le mouvement circulaire, suivant la ligne ODM ; que je suppose passer par le poids H .

Pour connoitre maintenant quelle doit estre la situation du fil KH , & combien moins le plomb H pese de cette façon, que s'il pendoit perpendiculairement le long

long de $κ D$; il faut confiderer le point H comme eftant tiré par trois fils, $H C$, $H M$, $H K$. desquels $H C$ le tire vers le centre de la Terre, avec tout le poids que le plomb auroit fi la Terre étoit fans mouvement. mais $H M$ le tire de fon costé avec la force que donne le mouvement de la Terre dans le cercle $D N$. & le troisieme fil $H K$ tire, ou est tiré, avec une force qui est celle qu'on cherche. Ayant donc prolongé $C H$, & mené $K L$ parallele à $D M$; l'on fçait que les trois costez du triangle $H L K$ font proportionels aux puissances qui tirent le point H : le costé $L H$ respondant à celle qui tire par $H C$; le costé $K L$ à celle qui tire par



$H M$; & le costé $H K$ à la puissance qui tire ou soutient le plomb par le fil $κ H$. Mais le triangle $κ D H$ est censé avoir tous ses costez egaux à ceux du triangle $H L K$, parce que $C H L$ est comme parallele à $C D K$. Les costez donc de $κ D H$ respondent aux mesmes puissances : sçavoir le costé $κ D$ à la pesanteur absolüe du poids H , qu'il auroit si la Terre ne tournoit point ; $D H$ à la puissance que luy imprime le mouvement journalier ; & $κ H$ à la pesanteur

qu'on cherche. Or ce triangle $κ H D$ est donné. car puis que nous sçavons que l'effort circulaire, sous l'Equateur en E , est $\frac{1}{285}$ du poids absolu : & puisque cet effort est à celuy en D , ou en H , comme $E C$ à $D O$, qui sont en raison donnée, nous sçau-

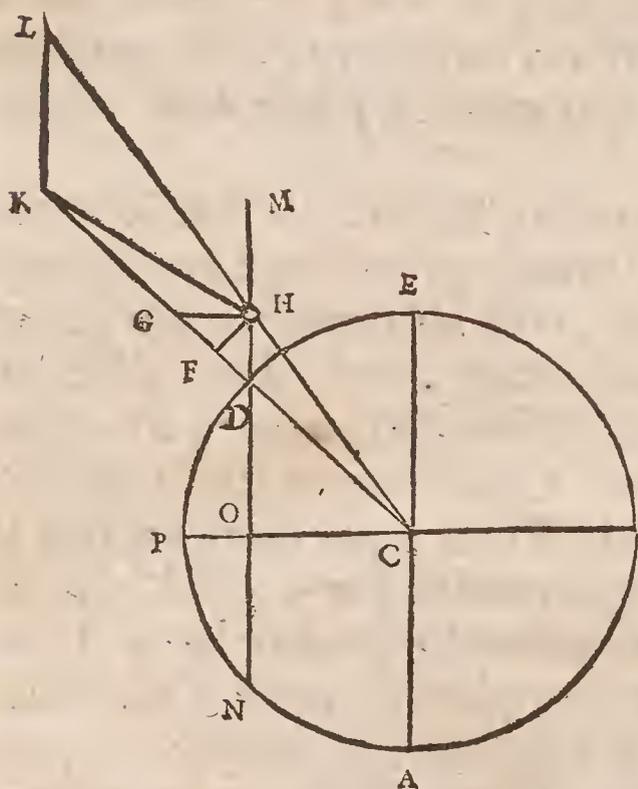
rons

rons donc aussi, quelle partie du poids absolu est l'effort centrifuge en D ou H. c'est-à-dire que la raison de DK à DH sera connue, comme étant composée de celle de 289 à 1, & de EC à DO. Mais l'angle HDK est aussi connu, étant égal à celui de la Latitude de Paris, sçavoir de 48 degr. 51 min. Donc on connoitra la raison de DK à KH, qui est celle de la pesanteur absolüe des corps, à celle qu'ils ont à Paris, & qui est encore celle de la longueur du pendule sur la Terre immobile, à la longueur qu'il doit avoir sous ce Parallele, suivant ce qui desia a esté dit. Et puis que la longueur du pendule à Secondes est donnée à Paris, l'on sçaura aussi celle qu'auroit le pendule à Secondes sur la Terre immobile, & quelle est leur difference, & de combien cette difference est moindre que cette $\frac{1}{289}$, que nous avons trouvée sous l'Equateur.

Pour faire cette supputation avec facilité, & sans le calcul des triangles, il faut sçavoir, & nous le prouverons à cette heure, que, comme le quarré du rayon EC est au quarré de DO, sinus du complement de la Latitude de Paris, ainsi est $\frac{1}{289}$, difference ou raccourcissement du pendule sous l'Equateur, à la difference ou raccourcissement à Paris. Qui se trouve par là estre $\frac{1}{728}$ de la longueur du pendule sur la Terre immobile, ou sous le Pole. Et puisque le Pendule à secondes à Paris, est de 3 pieds $8\frac{1}{2}$ lignes; il s'ensuit que la Longueur du pendule sur la Terre immobile, ou sous le Pole, seroit de 3 pieds $9\frac{1}{2}$ lignes. d'où ostant $\frac{1}{728}$, qui fait $1\frac{1}{2}$ ligne, on aura la longueur du pendule à Secondes, sous l'Equateur, de 3 pieds $7\frac{2}{3}$ lignes. De sorte que ce pendule seroit plus court, que celui de Paris, de $\frac{1}{2}$ d'une ligne; qui est un peu moins que ce qui a esté trouvé à la Caiene par Mr. Richer, sçavoir une ligne & un quart.

Mais on ne peut pas se fier entierement à ces premieres observations, desquelles on ne voit marqué aucune circonstance. Et encore moins, à ce que je crois, à celles qu'on dit avoir

esté faites à la Gadalupe, où le raccourcissement du pendule de Paris auroit esté trouvé de 2 lignes. Il faut esperer qu'avec le temps nous serons informez au juste de ces différentes longueurs, tant sous la ligne qu'en d'autres Climats; & certainement la chose merite bien d'estre recherchée avec soin, quand ce ne seroit que pour corriger, suivant cette Theorie, les mouvemens des Horloges à Pendule, en les faisant servir à mesurer les Longitudes sur mer. Car une Horloge, par exemple qui seroit bien réglée à Paris, estant transportée en quelque endroit



sous l'Equateur, retarderoit environ d'une minute & 5 secondes en 24 heures; comme il est aisé de supputer suivant le raisonnement precedent: & ainsi à proportion pour chaque différent degré de Latitude. Où l'on trouvera que ces retardemens, entre eux, suivent assez précisément la mesme proportion que les diminutions de la longueur du pendule: & que le plus grand retardement, tel que seroit celuy d'une Horloge sous l'Equateur, lors qu'elle auroit

esté réglée sous le Pole, seroit par jour fort près de $2\frac{1}{2}$ minutes. En ayant donc calculé des Tables, on pourroit corriger, par leur moien, le mouvement des Horloges, & s'en servir avec la mesme sùreté que si ce mouvement estoit par tout égal.

Pour demonstrier ce qui à esté posé un peu auparavant, en cher-

cherchant la diminution du Pendule à Paris, (& c'est la mesme chose dans quelque autre lieu que ce soit) lorsqu'on connoit la quantité de cette diminution sous l'Equateur: soit prise, dans la mesme figure, $κ F$ égale à $κ H$, & soit $H G$ parallele à l'axe $P Q$. Il a esté montré que $H D$ est à $D K$, comme l'effort à s'éloigner du centre, en D ou H , au poids obsolu sur la Terre immobile. Mais comme $E C$ ou $C D$ à $D O$, c'est-à-dire comme $G D$ à $H D$, ainsi est l'effort centrifuge en E , sous l'Equateur, à celuy en D . Donc comme $G D$ à $D K$, ainsi fera l'effort centrifuge en E , au poids absolu sur la Terre immobile. Et la ligne $G D$ sera le racourcissement du pendule, qui est requis sous l'Equateur, suivant ce qui a esté dit cy devant. Mais $F D$ est le racourcissement à Paris; & $G D$ est à $D F$ comme le quarré de $G D$ au quarré de $D H$; parce que la petitesse de l'angle $D K H$, fait que $H F$ peut estre considerée comme perpendiculaire à $G D$. Le racourcissement donc sous l'Equateur, à celuy qui convient à Paris, est comme le quarré de $G D$ au quarré de $D H$; c'est-à-dire comme le quarré de $C D$, ou de $E C$, au quarré de $D O$. ce qu'il falloit demontrer.

Il reste à considerer l'angle $H K D$, dans la mesme figure; qui marque de combien le plomb $κ H$, estant en repos, decline de la perpendiculaire $κ D$. Où je trouve que, sous le Parallele de Paris, cet angle est de 5 minutes 54 secondes; & qu'il doit estre encore un peu plus grand au 45° degré de Latitude.

Cette declinaison est bien contraire à ce qu'on a supposé, de tout temps, comme une verité tres certaine; sçavoir que la corde, qui tient un plomb suspendu, tend directement au centre de la Terre. Et cet angle, d'une dixieme de degré, est assez considerable, pour faire croire qu'on devroit s'en estre aperceu, soit dans les observations Astronomiques, soit dans celles qu'on fait avec le Niveau. Car pour ne parler que de ces dernieres,

ne faudroit il pas , qu'en regardant du costé du Nort, la ligne du niveau baiffast visiblement sous l'Horizon ? ce qui pourtant n'a jamais esté remarqué , ni qui assurément n'arrive point. Et pour en dire la raison , qui est un autre paradoxe , c'est que la Terre n'est pas tout à fait spherique , mais d'une figure de sphere abaissée vers les deux Poles, telle que feroit à peu près une Ellipse, en tournant sur son petit axe. Cela procede du mouvement journalier de la Terre , & c'est une suite necessaire de la declinaison susdite du plomb. Parce que la descente des corps pesans estant parallele à la ligne de cette suspension, il faut que la surface de tout liquide se dispose en sorte, que cette ligne luy soit perpendiculaire, parce qu'autrement il pourroit descendre d'avantage. Partant la surface de la mer est telle, qu'en tout lieu le fil suspendu luy est perpendiculaire. D'ou s'ensuit que la ligne du niveau , c'est-à-dire celle qui coupe le fil, du plomb suspendu, à angles droits, doit marquer l'horizon, ainsi qu'elle fait ; n'y ayant que la hauteur du lieu, où le niveau est placé, qui le fasse viser quelque peu plus haut. Or les costes des terres estant generalement elevées, & presque par tout de mesme, à l'égard de la mer ; il s'ensuit que tout le composé, de terres & de mers, est reduit a la mesme figure spheroidé que la surface de la mer se donne necessairement. Et il est à croire, que la Terre a pris cette figure, lors qu'elle a esté assemblée par l'effect de la pesanteur : sa matiere ayant dès lors le mouvement circulaire de 24 heures.

A D D I T I O N.

Quelque temps après que j'eus achevé d'escrire ce qui precede, ayant receu & examiné le journal du voiage, qui, par ordre de Messieurs les Directeurs de la Compagnie des Indes Orientales, a esté fait, avec nos Horloges à pendule, jus-

jusqu'au Cap de Bonne Esperance; & du dépuis ayant encore lû le tres sçavant ouvrage de Mr. Newton, dont le titre est *Philosophiæ Naturalis principia Mathematica*; l'un & l'autre me fournit de la matiere pour étendre d'avantage ce Discours. Et premierement, quant aux différentes longueurs des Pendules dans divers Climats, dont il a aussi traité, je crois avoir, par le moien de ces Horloges, non seulement une confirmation évidente de cet effect du mouvement de la Terre, mais aussi de la mesure de ces longueurs, qui s'accorde tres bien avec le calcul que je viens d'en donner. Car ayant corrigé & rectifié, suivant ce calcul, les Longitudes qu'on avoit mesurées par les Horloges, au retour du Cap de B. Esp^e. jusqu'au Texel en Hollande, (car en allant elles n'avoient point servi) j'ay trouvé que la route du vaisseau en estoit beaucoup mieux marquée sur la Carte, qu'elle n'estoit sans cette correction; & si bien, qu'en arrivant à ce Port, il n'y avoit pas 5 ou 6 lieues d'erreur dans la Longitude ainsi rectifiée. Supposant que celle dudit Cap avoit esté bien prise par les P. P. Jesuites, lors qu'ils y passerent en l'année 1685, en allant à Siam; & qu'elle est de 18 degrez plus à l'Est que celle de Paris; ce que je sçay encore d'ailleurs ne s'éloigner guere de la verité. Le detail de toute cette affaire est deduit au long dans le Rapport que j'ay fait, touchant ce voiage des Pendules, aux dits Messieurs les Directeurs. Sur lequel raport, apres l'avoir fait examiner par des personnes intelligentes, il leur a plû d'ordonner qu'on fist une seconde epreuve; pour s'assurer par plusieurs experiences de la bonté de cette invention. L'on verra quel fera le succès de cet autre voiage, & particulièrement en ce qui est de la variation des Pendules. estant certain que, pour la bien connoitre, ces Horloges donnent un moyen plus seur, par leur acceleration & retardement, que n'est celuy de mesurer actuellement la longueur du pendule à Secondes en differens pais. Cependant,

$c s$, comme la pesanteur absoluë à la force centrifuge en D ; laquelle raison est composée de celle de la pesanteur absoluë, à la force centrifuge en E , qui est comme de 289 à 1 , & de celle de cette force à la force centrifuge en D , qui est comme EC à DO ; il paroît que la nature de la Ligne courbe EDP est déterminée par la propriété de sa perpendiculaire, comme DR ; c'est-à-dire qu'en menant une telle perpendiculaire, toujours la raison de DC à CS doit estre composée d'une raison donnée, & de celle de EC à DO . Ou bien, comme on en peut inferer facilement, que la raison de DO à CS , ou de OR à RC doit estre composée de la dite raison donnée, & de celle de EC à CD .

Or il est difficile de trouver ainsi des lignes courbes par la propriété donnée de leurs perpendiculaires, ou, ce qui est la mesme chose, par la propriété de leur Tangentes. Mais il y a un moyen assez aisé pour cette courbe icy, qui est fondé sur l'équilibre de certains canaux, dont Mr. Newton a donné la premiere idée.

Le canal qu'il suppose est representé dans nostre figure par $EC P$, faisant un angle droit au centre de la Terre. Il faut le concevoir comme ayant quelque peu de creux, & rempli d'eau. Ce qui estant, il est certain que les deux jambes, EC , CP , se doivent tenir en équilibre, si l'on suppose que la Terre, estant toute composée d'eau, prend une figure, dont les diamètres soient EA & PQ : parce qu'autrement, cette eau du canal, ne demeureroit pas non plus dans son assiete en la concevant sans canal, contre ce qu'on suppose. d'où il est aisé de trouver la raison de EA à PQ . Car en posant $EC \propto a$; $CP \propto b$, & representant la pesanteur absoluë par une ligne p ; & la force centrifuge en E par la ligne n ; le poids du canal PC est pb , sçavoir ce qui se fait en multipliant toutes les parties de ce canal également par la ligne p . Mais le poids du canal EC , qui seroit

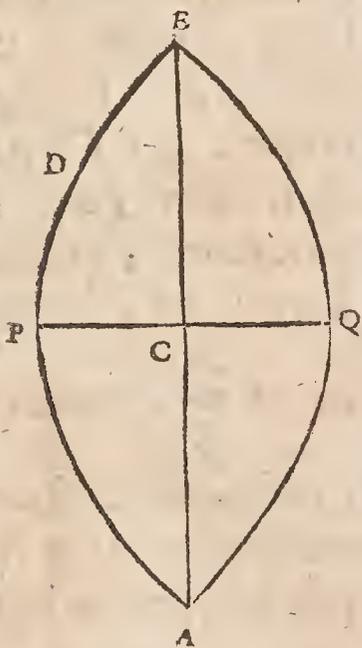
pa ,

qui fera donc $\frac{ny}{a}$. Dont la moitié multipliant le contenu du canal $DO \propto y$, fait la force centrifuge de ce canal $\propto \frac{1}{2} \frac{nyy}{a}$, qui est donc aussi la force centrifuge du canal CD . Mais la pesanteur de ce canal CD , vers le centre C , est $p \sqrt{xx + yy}$. donc la pression qui reste vers C , fera $p \sqrt{xx + yy} - \frac{1}{2} \frac{nyy}{a}$: qui doit estre égale à $pa - \frac{1}{2} an$, pression du canal EC , trouvée cy-devant.

Laquelle Equation, en supposant $\frac{ap}{n} \propto f$, revient à celle-cy,

$$y^4 \propto 4ffyy - 4aaff + 4ffxx - 4afyy + 4a^3f + 2aayy - a^4$$

Qui fait voir que la ligne courbe EDP n'est pas une section de Cone, si ce n'est quand p & n sont égales; c'est-a-dire quand la force centrifuge d'un corps, placé en E , est supposée égale à sa pesanteur vers le centre C . Car alors il paroît que f est égale à a ; & l'Equation devient $y^4 \propto 2aayy - a^4 + 4ffxx$; ou bien $y^4 - 2aayy + a^4 \propto 4ffxx$. & enfin $yy - aa \propto 2ax$. Ce qui marque qu'en ce cas EDP est une Parabole, telle que dans cette figure; ayant le sommet P ; l'axe PC égal à la moitié de CE ; & le parametre double de la mesme CE .



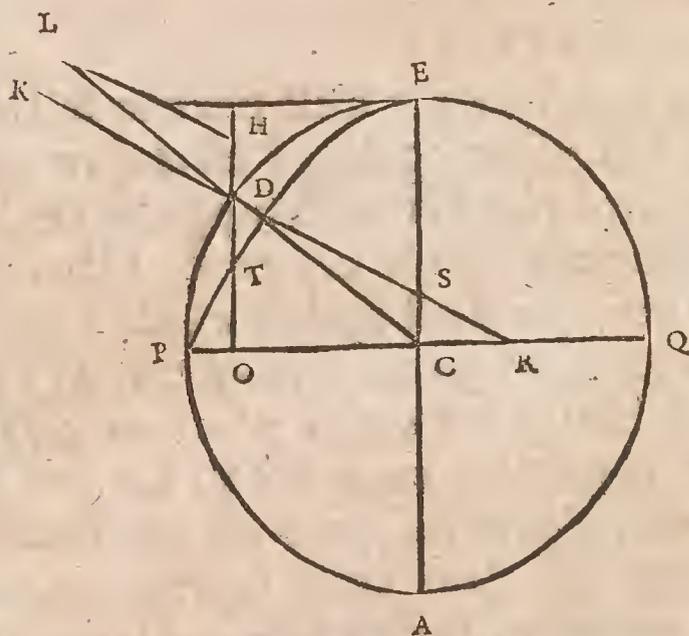
De sorte que si la Terre, ayant le diametre EA de la grandeur qu'il est, tournoit, sur son axe PQ , 17 fois plus viste qu'elle ne fait, (car alors la force centrifuge en E seroit égale à la pesanteur vers le centre, par la demonstration qui est dans

ce Discours) elle auroit la figure du corps que font ces deux demies Paraboles opposées, $P E C$, $Q E C$, en tournant autour de l'axe $P Q$. Et on voit que c'est là la plus grande force centrifuge qu'on puisse supposer; par ce que, si on la faisoit plus grande que la pesanteur, les corps placez en E s'envoleroient en l'air.

Hors de ce cas, si dans l'Equation trouvée l'on fait $yy \propto a z$, estant z une ligne indeterminée, l'on aura

$$z \propto a - 2f + 2 \frac{ff}{a} - V \frac{4ff - 8f^3 + \frac{4f^4}{aa} + \frac{4ffxx}{aa}}$$

Et mettant d pour $\frac{ff}{a} - f$, viendra $z \propto a + 2d - V \frac{4dd + \frac{4ffxx}{aa}}$



D'où je connois que, co estant x , si la perpendiculaire OT est appelée z ; le point T sera dans une Hyperbole dont l'axe adjouté à CE fera $4d$. Et que comme $4ff$ à aa , ainsi fera l'axe au parametre; qui sera donc $\frac{aad}{ff}$, c'est-à-dire $\frac{a-na}{p}$, en resti-

tuant les valeurs de d & de f . Et parce que yy estoit égale à az , il s'ensuit que $DO \propto y$ sera moyenne proportionnelle entre OT & EC . D'où l'on peut trouver les points par lesquels la ligne courbe EDP doit passer.

Or cette ligne satisfait aussi à ce que j'ay dit estre requis; sçavoir que menant DR qui luy soit à angles droits, la raison de

de OR à RC fera composée de la raison de p à n , & de EC à CD , comme cela se peut prouver par le calcul d'Algebre.

J'ay supposé dans tout ce raisonnement que la pesanteur est la mesme au dedans de la Terre qu'à sa surface; ce qui me paroît fort vraisemblable, non obstant la raison qu'on peut avoir d'en douter, dont je parleray après. Mais quand il en seroit autrement, cela ne changeroit presque rien à ce qui a esté trouvé de la figure de la Terre: mais bien alors quand la force centrifuge fait une partie considerable de la pesanteur, ou qu'elle luy est égale, comme dans le cas de la figure Parabolique, qui alors deviendroit tout autre. Au reste quand la force centrifuge en E est tres petite à raison de la pesanteur, comme elle est icy sur la Terre, l'Hyperbole ETP , à cause du grand éloignement de son centre, approche fort de la Parabole, & par consequent EDP ne differe guere de l'Ellipse; ni guere aussi du cercle, parce que EC alors ne surpasse CP que de fort peu; comme il a esté trouvé peu devant, que cet excès n'est que $\frac{1}{78}$ de EC , demi-diametre de la Terre.

Monsieur Newton le trouve $\frac{1}{257}$ de EC , & que ainsi la figure de la Terre differe bien plus de la spherique; se servant en cela d'une tout autre supputation. que je n'examineray pas icy, parce qu'aussi bien je ne suis pas d'accord d'un Principe qu'il suppose dans ce calcul & ailleurs; qui est, que toutes les petites parties, qu'on peut imaginer dans deux ou plusieurs differents corps, s'attirent ou tendent à s'approcher mutuellement. Ce que je ne scaurois admettre, par ce que je crois voir clairement, que la cause d'une telle attraction n'est point explicable par aucun principe de Mechanique, ni des regles du mouvement. comme je ne suis pas persuadé non plus de la necessité de l'attraction mutuelle des corps entiers; ayant fait voir que, quand il n'y auroit point de Terre, les corps ne laisseroient pas, par ce qu'on appelle leur pesanteur, de tendre vers un centre.

J'en'ay donc rien contre la *Vis Centripeta*, comme Mr. Newton l'appelle, par la quelle il fait peser les Planetes vers le Soleil, & la Lune vers la Terre, mais j'en demeure d'accord sans difficulté: parce que non seulement on sçait par experience qu'il y a une telle maniere d'attraction ou d'impulsion dans la nature, mais qu'aussi elle s'explique par les loix du mouvement, comme on a vû dans ce que j'ay écrit cy dessus de la pesanteur Car rien n'empêche que la cause, de cette *Vis Centripeta* vers le Soleil, ne soit semblable à celle qui pousse les corps, qu'on appelle pesants, à descendre vers la Terre. Il y avoit long temps que je m'estois imaginé, que la figure spherique du Soleil pouvoit este produite de mesme que celle qui, selon moy, produit la sphericité de la Terre; mais je n'avois point etendu l'action de la pesanteur à de si grandes distances, comme du Soleil aux Planetes, ni de la Terre à la Lune; parce que les Tourbillons de Mr. Des Cartes, qui m'avoient autrefois paru fort vraisemblables, & que j'avois encore dans l'esprit, venoient à la traverse. Je n'avois pas pensé non plus à cette diminution réglée de la pesanteur, sçavoir qu'elle estoit en raison reciproque des quarez des distances du centre: qui est une nouvelle & fort remarquable propriété de la pesanteur, dont il vaut bien la peine de chercher la raison. Mais voiant maintenant par les demonstrations de Mr. Newton, qu'en supposant une telle pesanteur vers le Soleil, & qui diminue suivant la dite proportion, elle contrebalance si bien les forces centrifuges des Planetes, & produit justement l'effet du mouvement Elliptique, que Kepler avoit deviné, & verifié par les observations, je ne puis guere douter que ces Hypotheses touchant la pesanteur ne soient vrayes, ni que le Systeme de Mr. Newton, autant qu'il est fondé la dessus, ne le soit de mesme. Qui doit paroître d'autant plus probable, qu'on y trouve la solution de plusieurs difficultez, qui faisoient de la peine dans les Tourbillons

lons supposez de Des Cartes. On voit maintenant comment les excentricitez des Planetes peuvent demeurer constamment les mesmes : pourquoy les plans de leurs Orbes ne s'unissent point, mais gardent leurs differentes inclinaisons à l'égard du plan de l'Ecliptique, & pourquoy les plans de tous ces Orbes passent necessairement par les Soleil. Comment les mouvemens des Planetes peuvent s'accelerer & se ralentir par les degrez qu'on y observe ; qui malaisement pouvoient estre tels, si elles nageoient dans un Tourbillon autour du Soleil. On y voit enfin comment les Cometes peuvent traverser nostre Systeme. Car depuis qu'on sçait qu'elles entrent souvent dans la region des Planetes, on avoit de la peine à concevoir comment elles pouvoient quelquefois aller d'un mouvement contraire à celuy du Tourbillon, qui avoit assez de force pour emporter les Planetes. Mais, par la doctrine de Mr. Newton, ce scrupule est encore osté ; puisque rien n'y empêche que les Cometes ne parcourent des chemins Elliptiques autour du Soleil, comme les Planetes ; mais des chemins plus étendus, & de figure plus differente de la circulaire ; & qu'ainsi ces corps n'aient leurs retours periodiques, comme quelques Philosophes & Astronomes anciens & modernes se l'estoient imaginé.

Il y a seulement cette difficulté, que Mr. Newton, en rejetant les Tourbillons de Des Cartes, veut que les espaces celestes ne contiennent qu'une matiere fort rare, afin que les Planetes & les Cometes rencontrent d'autant moins d'obstacle en leur cours. Laquelle rareté estant posée, il ne semble pas possible d'expliquer ni l'action de la Pesanteur, ni celle de la Lumiere, du moins par les voies dont je me suis servi. Pour examiner donc ce point, je dis que la matiere etherée peut estre censée rare de deux manieres, sçavoir ou que ses particules soient distantes entre elles, avec beaucoup de vuide entre deux ; ou qu'elles se touchent, mais que le tissu de chacune soit rare, &

entre-meslé de beaucoup de petits espaces vuides. Pour ce qui est du vuide, je l'admets sans difficulté, & mesme je le crois necessaire pour le mouvement des petits corpuscules entre eux. n'estant point du sentiment de Mr. Des Cartes, qui veut que la seule étendue fasse l'essence du corps; mais y adjoutant encore la durezza parfaite, qui le rende inpenetrable, & incapable d'estre rompu ni écorné. Cependant à considerer la rareté de la premiere maniere, je ne vois pas comment alors on pourroit rendre raison de la Pesanteur: & quant à la Lumiere, il me semble entierement impossible, avec de tels vuides, d'expliquer sa prodigieuse vitesse, qui doit estre six cent mille fois plus grande que celle du Son, suivant la demonstration de Mr. Romer, que j'ay raportée au Traité de la Lumiere. C'est pourquoy je tiens qu'une telle rareté ne scauroit convenir aux espaces celestes.

Il y a plus d'apparence de la concevoir de l'autre façon; parce que les particules s'y peuvent toucher, comme je les ay supposées au dit Traité, & toutefois, à cause de la legereté de leur tissu, resister fort peu au mouvement des Planetes. Car que sçait on jusqu'où la nature peut aller à composer des corps durs, avec peu de matiere; sur tout, si des particules tres menues & deliées, ou mesme creuses, peuvent estre infiniment fortes. Mais je crois que, sans considerer la rareté, la grande agitation de la matiere etherée, peut contribuer beaucoup à sa penetrabilité. Car si le petit mouvement des particules de l'eau la rend liquide, & de beaucoup moindre resistance, à l'égard des corps qui nagent dedans, que n'est le sable ou quelque poudre tres fine; ne faut il pas qu'une matiere plus subtile, & infiniment plus agitée, soit aussi d'autant plus aisée à penetrer?

Quoyqu'il en soit, nous voions que la nature ne manque pas d'industrie, pour faire qu'il y ait des espaces, dans lesquels les corps se meuvent avec tres peu de resistance; car cela pa-
roit

roit par ce que nos mains sentent dans l'air, & encore plus par les experiences qu'on fait dans les vaisseaux de verre, dont on a tiré tout l'air; où la plume la plus legere, descend avec la mesme vitesse qu'une balle de plomb. Que si on vouloit soutenir que cela procede de la grande rareté de la matiere qui reste dans ce vuide d'air; j'alleguerois au contraire qu'on y aperçoit l'effet d'une matiere qui pese fort considerablement, comme on a vû dans l'experience cy dessus rapportée.

Quant au raisonnement de Mr. Newton dans la Prop. 6. du Livre 3. pour prouver l'extreme rareté de l'ether: sçavoir que les pesanteurs des corps sont comme les quantitez de la matiere qu'ils contiennent; & que, cela estant, si les espaces de l'air ou de l'ether estoient aussi pleins de matiere que l'or & l'argent, ces metaux n'y descendroient pas; parce qu'un corps solide, n'ayant pas une plus grande pesanteur specifique qu'un fluide, n'y sçauroit enfoncer. je dis que je suis d'accord que les pesanteurs des corps suivent les quantitez de leur matiere; & je l'ay mesme demontré dans ce present Discours. Mais j'ay aussi fait voir, qu'à ces corps que nous appellons pesants, la pesanteur peut bien estre imprimée par la force centrifuge d'une matiere, qui ne pese point elle mesme vers le centre de la Terre, à cause de son mouvement circulaire & tres rapide; mais qui tend à s'en éloigner. Cette matiere donc peut fort bien remplir tout l'espace autour de la Terre, que d'autres corpuscules n'occupent point, sans que cela empesche la descente des corps qu'on appelle pesants; estant au contraire la seule cause qui les y oblige. Ce seroit autre chose si on supposoit que la pesanteur fust une qualité inherente de la matiere corporelle. Mais c'est à quoy je ne crois pas que Mr. Newton consente, parce qu'une telle hypothese nous éloigneroit fort des principes Mathematiques ou Mechaniques.

Il me dira peutestre, que, quand on m'auroit accordé
que

que la matiere etherée consiste en des particules qui se touchent, pour transmettre la lumiere ; on ne verroit pas pourtant qu'elle observeroit cette regle de ne s'étendre qu'en ligne droite, comme elle fait ; parce que cela est contre sa Propos. 42. du 2 Livre. qui dit que le mouvement, qui se repand dans une matiere fluide, ne s'etend pas seulement tout droit depuis son origine, apres avoir passé par quelque ouverture, mais qu'il s'ecarte aussi à costé. A quoy je repons par avance, que ce que j'ay allegué, pour prouver que la lumiere (horsmis en la reflexion ou en la refraction) ne s'etend que directement, ne laisse pas de subsister non obstant la dite Proposition. Parce que je ne nie pas que, quand le Soleil luit à travers une fenestre, il ne se repande du mouvement à costé de l'espace éclairé ; mais je dis que ces ondes detournées sont trop foibles pour produire de la lumiere. Et quoyqu'il veuille que l'emanation du Son prouve que ces epanchemens à costé sont sensibles, je tiens pour assuré qu'elle prouve plustost le contraire. Par ce que si le Son, ayant passé par une ouverture, s'etendoit aussi à costé, comme veut Mr. Newton, il ne garderoit pas si exactement, dans l'Echo, l'égalité des angles d'incidence & de reflexion ; en sorte que quand on est placé en un lieu, d'où il ne peut point tomber de perpendiculaire sur le plan reflechissant d'un mur un peu éloigné, on n'entend point repondre l'Echo au bruit qu'on fait en ce lieu, comme je l'ay experimenté tres souvent. Je ne doute pas aussi, que l'experience qu'il apporte du Son, qu'on entendroit non obstant une maison interposée, ne se trouvast tout autre, pourvû que cette maison fust placée au milieu de quelque grande eau, ou en sorte qu'il n'y eust rien autour, qui pust renvoyer quelque parcelle du Son par reflexion.

Et pour ce qu'il dit, qu'en quelque endroit qu'on soit dans une chambre, dont la fenestre est ouverte, on y entend le Son de dehors, non pas par la reflexion des murailles, mais venant
dire-

directement de la fenêtre ; on voit combien il est facile de s'y abuser , à cause de la multitude des reflexions reiterées , qui se font comme dans un instant ; de sorte que le Son , qui s'entend comme venant immédiatement de la fenêtre ouverte , en peut venir , ou des endroits fort proches , après une double reflexion. J'avouë donc , que pour ce qui est des ondulations ou cercles qui se font à la surface de l'eau , la chose se passe à peu pres comme l'assure Mr. Newton : c'est à dire qu'une onde , après avoir passé l'ouverture , se dilate en suite d'un costé & d'autre , & toutefois plus foiblement là que dans le milieu. Mais pour le Son , je dis que ces emanations par les costez , sont presque insensibles à l'oreille : & qu'en ce qui est de la lumiere , elles ne font point d'effet du tout sur les yeux.

J'ay crû devoir aller au devant de ces objections que pouvoit suggerer le Livre de Mr. Newton , sçachant la grande estime qu'on fait de cet ouvrage , & avec raison ; puis qu'on ne sçauroit rien voir de plus sçavant en ces matieres , ni qui temoigne une plus grande penetration d'esprit. Il me reste encore deux choses à remarquer dans son Systeme , qui me semblent fort belles , & qui me donneront occasion de faire quelque reflexion. Après quoy j'adjouteray ce que j'ay trouvé parmi mes papiers touchant le mouvement des corps à travers l'air , ou autre milieu qui resiste ; duquel mouvement il traite au long dans le livre 2.

On a vû comment dans le Systeme de Mr. Newton les pesanteurs , tant des Planetes vers le Soleil , que des Satellites vers leurs Planetes , sont supposées en raison double reciproque de leurs distances du centre de leurs Orbes. Ce qui se confirme admirablement par ce qu'il demontre touchant la Lune ; sçavoir que sa force centrifuge , que luy donne son mouvement , égale precisement sa pesanteur vers la Terre , & qu'ainsi ces deux forces contraires la tiennent suspendue là où elle est. Car la

distance d'icy à la Lune estant de 60 demidiametres de la Terre, & partant la pesanteur, dans sa region, $\frac{1}{3600}$ de celle que nous sentons ; il falloit que la force centrifuge d'un corps, qui se mouvroit comme la Lune, égalast de mesme $\frac{1}{3600}$ du poids qu'il auroit à la surface de la Terre. Ce qui se trouve effectivement ainsi, & le calcul s'en peut faire aisément, puis qu'on sçait desja que la force centrifuge sous l'Equateur est $\frac{1}{289}$ de nostre pesanteur icy bas.

Mais puisque cet exemple de la Lune prouve si bien la diminution du poids, suivant la raison reciproque des quarez des distances du centre de la Terre ; on pourroit douter s'il n'y auroit pas aux Pendules une autre inégalité, outre celle qui estoit causée par le mouvement journalier. Car si la Terre n'est pas spherique, mais assez pres spheroïde, & qu'un point sous l'Equateur est plus éloigné du centre, que n'est un point sous le Pole, dans la raison de 578 à 577, comme il a esté dit cy-devant ; les pesanteurs estant en ces endroits en raison contraire des quarez de ces distances, il faudroit aussi que le pendule sous l'Equateur fust plus court, que celuy dessous le Pole, dans cette mesme raison contraire. C'est à dire que ces pendules seroient comme 288 à 289 ; ou que le pendule sous l'Equateur seroit plus court de $\frac{1}{289}$ de ce qu'il seroit sous le Pole. Qui est justement la mesme difference, qui provenoit cy dessus du mouvement journalier, ou de la force centrifuge. De sorte qu'une Horloge, avec la mesme longueur de pendule, iroit plus lentement sous l'Equateur que sous le Pole, du double de ce qu'elle retardoit par le mouvement de la Terre ; & ainsi cette difference journaliere sous l'Equateur seroit de pres de 5 minutes. Et sous les autres paralleles, on la trouveroit par tout plus que double de ce qu'elle y estoit auparavant. Mais je doute fort que l'experience confirme cette grande variation, puisque j'ay vû que, dans le voiage dont j'ay fait mention, la seule premiere équation suffit, & que la plus que double mettroit, vers

le milieu du chemin, trop de difference entre la route du vaisseau, calculée sur le Pendule, & celle qu'il tenoit par l'Estime des Pilotes. Et pour rendre raison pourquoy la seconde variation n'auroit point lieu, je dis qu'il ne seroit par étrange si la pesanteur, près de la surface de la Terre, ne suivoit pas précisément, ainsi que dans les regions plus élevées, la diminution que font les différentes distances du centre; parce qu'il se peut que le mouvement de la matiere qui cause la pesanteur, soit aucunement alteré dans la proximité de la Terre. comme il l'est apparemment au dedans: puisque sans cela il faudroit dire que la pesanteur, en allant vers le centre, augmenteroit à l'infini; ce qui n'est point vraisemblable. Au contraire, selon Mr. Newton, la pesanteur au dedans de la Terre diminue suivant que les corps approchent du centre; mais il se sert à le prouver de son principe, dont j'ay dit que je ne suis pas d'accord.

Ce qui me reste à remarquer touchant son Systeme, & qui m'a fort plû, c'est qu'il trouve moyen, en supposant la distance d'icy ou Soleil connue, de definir quelle est la pesanteur que sentiroient les habitans de Saturne & de Jupiter, comparée à la nostre icy sur la Terre, & quelle encore est sa mesure à la surface du Soleil. Choses qui d'abord semblent bien éloignées de nostre connoissance; & qui pourtant sont des consequences des principes que j'ay raportez peu devant.

Cette determination a lieu dans les Planetes qui ont un ou plusieurs Satellites, parce que les temps periodiques de ceux cy, & leur distances des Planetes qu'ils accompagnent, doivent entrer dans le calcul. Par lequel Mr. Newton trouve les pesanteurs aux surfaces du Soleil, de Jupiter, de Saturne, & de la Terre, dans la raison de ces nombres, 10000, $804\frac{1}{2}$, 536, $805\frac{1}{2}$. Il est vray qu'il y a quelque incertitude à cause de la distance du Soleil, qui n'est pas assez bien connue, & qui a esté prise dans ce calcul d'environ 5000 diametres de la Terre, au

lieu que, suivant la dimension de Mr. Cassini, elle est environ de 10000, qui approche assez de ce que j'avois autrefois trouvé, par des raisons vraisemblables, dans mon Systeme de Saturne, sçavoir 12000. Je differe aussi de quelque chose en ce qui est des diametres des Planetes. De sorte que, par ma supputation, la pesanteur dans Jupiter, à celle que nous avons icy sur la Terre, se trouve comme 13 à 10, au lieu que Mr. Newton les fait égales, ou insensiblement differentes. Mais la pesanteur dans le Soleil, qui, par les nombres qu'on vient de voir, estoit environ 12 fois plus grande que la nostre sur la Terre, je la trouve 26 fois plus grande. D'où s'ensuit, en expliquant la pesanteur de la façon que j'ay fait, que la matiere fluide, auprès du soleil, doit avoir une vitesse 49 fois plus grande que celle que nous avons trouvée pres de la Terre; qui estoit desjà 17 fois plus grande que la vitesse d'un point sous l'Equateur. Voila donc une terrible rapidité; qui m'a fait penser si elle ne pouroit pas bien estre la cause de la lumiere eclatante du Soleil, supposé que la lumiere soit produite comme je l'explique dans ce que j'en ay écrit; sçavoir de ce que les particules Solaires, nageant dans une matiere plus subtile & extrêmement agitée, frappent contre les particules de l'Ether qui les environnent. Car si l'agitation d'une telle matiere, avec le mouvement qu'elle a icy sur la Terre, peut causer la clarté de la flamme d'une chandelle, ou du Camphre allumé, combien plus grande fera t'elle cette clarté par un mouvement 49 fois plus prompt & plus violent?

J'ay vu avec plaisir ce que Mr. Newton écrit touchant les chûtes & les jets des corps pesants dans l'air, ou dans quelque autre milieu qui resiste au mouvement; m'estant appliqué autrefois à la mesme recherche. Et puisque cette matiere appartient en partie à celle de la Pesanteur, je crois pouvoir rapporter icy ce que j'en decouvris alors. Ce que je ne feray pourtant qu'en abrégé

bregé & fans y joindre les demomstrations; ayant negligé de les achever, parce que cette speculation ne m'a pas semblé assez utile, ni de consequence, à proportion de la difficulté qui s'y rencontre.

J'examinay premierement ces mouvemens, en supposant que les forces de la Resistance sont comme les Viteffes des corps, ce qui alors me paroissoit fort vraisemblable. Mais ayant obtenu ce que je cherchois, j'appris presque en mesme temps, par les experiences que nous fîmes à Paris dans l'Academie des Sciences, que la resistance de l'air, & de l'eau, estoit comme les quarrez des viteffes. Et la raison est assez aisée à concevoir; parce qu'un corps, allant par exemple avec double viteffe, est rencontré par deux fois autant de particules de l'air ou de l'eau, & avec double celerité. Ainsi je vis ma nouvelle Theorie renversée, ou du moins inutile. Apres quoy je voulus aussi chercher ce qui arrive lors qu'on suppose ce veritable fondement des Resistances; où je vis que la chose estoit beaucoup plus difficile, & sur tout en ce qui regarde la ligne courbe que parcourent les corps jettez obliquement.

Dans la premiere supposition, où les resistances sont comme les viteffes, je remarquay que, pour trouver les espaces passez en de certains temps, lors que les corps tombent ou montent perpendiculairement, & pour connoitre les viteffes au bout de ces temps, il y avoit une ligne courbe, que j'avois examinée long temps auparavant, qui estoit de grand usage en cette recherche. On la peut appeller la *Logarithmique* ou la *Logistique*, car je ne vois pas qu'on luy ait encore donné de nom, quoyque d'autres l'aient encore considerée cy devant. Cette ligne infinie estant ABC , elle a une ligne droite pour Asymptote, comme DE ; dans la quelle si on prend des parties égales quelquonques qui se suivent, comme DG , GF , & que l'on tire des points D , G , F , des perpendiculaires jusqu'à la courbe, sça-

$B F$, égale à une certaine longueur, qui pour toutes les tangentes est la mesme, & que je definiray dans la suite. Puis soit $A C$ parallele à cette tangente, coupant $K B$ prolongée en P ; & du point C , où elle rencontre la courbe, soit tirée $C L M$, parallele à $A D$, & coupant $K B$ prolongée, & $A M$ parallele à l'asymptote, aux points L & M . Maintenant le temps que le corps met à monter à la hauteur où il peut arriver, est au temps de sa descente de cette mesme hauteur, comme la ligne $K B$ à $B L$.

Et le temps qu'il emploie à monter à travers l'air, estant jetté comme il a esté dit, est au temps qu'il emploieroit sans rencontrer de resistance, comme $K B$ à $K P$.

Et la hauteur à laquelle il montera dans l'air, à celle où il monteroit sans resistance, comme l'espace $A B K$ au triangle $A P K$, ou comme $Q A$ à $A X$, que je suppose estre la moitié d'une troisieme proportionnelle aux lignes $D K$, $K A$.

Et sa vitesse, en commençant de monter, à celle qu'il a en retombant à terre, comme $M L$ à $L C$.

On trouve de plus, par cette mesme ligne, quelle est la courbe que parcourt un corps jetté obliquement. Car, dans la mesme figure, si l'angle du jet, sur la ligne horizontale, est $L M R$, avec une vitesse donnée, dont le mouvement en haut soit à la vitesse Terminale comme $A K$ à $K D$: soit repetée la construction precedente, & que la droite $A S$, qui touche la courbe $A B C$ en A , rencontre $K B$ en S . Puis comme $S P$ à $P B$ ainsi soit $R L$ à $L T$, & sur la base $M C$ soit dressée une figure proportionnelle au segment $A B C P$, en sorte que les paralleles & également distantes de l'asymptote $D E$, dans l'une & l'autre figure, aient par tout la mesme raison de $B P$ à $T L$. Ce sera la courbe $M T C$ qui marquera la figure requise du jet.

Et parce que la hauteur de l'élevation avec resistance, estoit à la hauteur du jet libre, comme $Q A$ à $A X$; si l'on fait que $T L$ ait cette mesme raison à une autre ligne $v z$; ce sera la hauteur
de la

rité verticale est la mesme. C'est pourquoy alors chaque figure de jet , ainsi trouvée , doit estre reduite à une figure proportionnelle d'égale hauteur , si on veut sçavoir comment les amplitudes, & les hauteurs des divers jets, sont les unes aux autres.

J'ajoute encore icy, que la ligne Logarithmique ne sert pas seulement à trouver les courbes des jets , mais qu'elle est cette courbe elle mesme en un cas , sçavoir quand on jette un corps obliquement en bas , en sorte que ce qu'il y a de descente perpendiculaire, égale la vitesse Terminale. Car alors ce corps suivra precisement la courbure d'une telle ligne, en s'approchant tousjours de l'asymptote , sans la pouvoir atteindre. Et ce qui determine l'espece de la ligne, c'est que sa *Soutangente* , (je nommeray ainsi la ligne FO , qui pour toutes les tangentes est la mesme) sera double de la hauteur à laquelle la vitesse Terminale peut faire monter le corps , sans resistance du milieu.

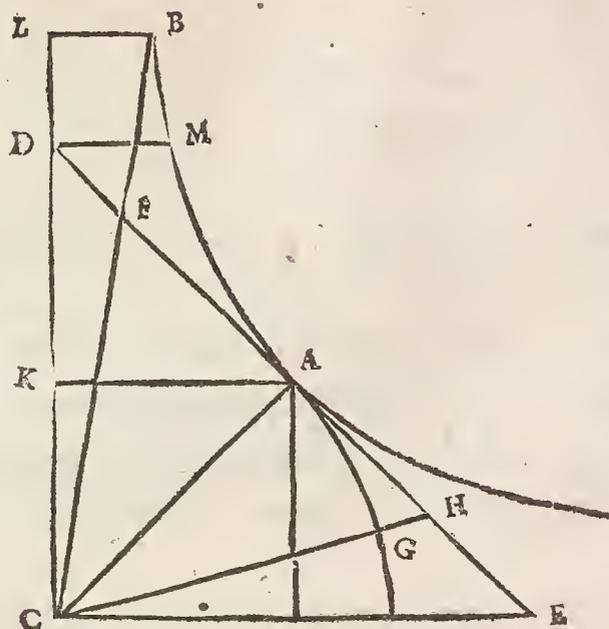
Ce sont là les choses que je trouvay en supposant la resistance estre comme la vitesse , mais toute cette Theorie estant , comme j'ay dit , fondée sur un principe , que la nature ne suit point en ce qui est des resistances de l'air & de l'eau , je la negligey entierement ; & ce n'est qu'à l'occasion du Traité de Mr. Newton que je l'ay reprise , pour voir si ce que nous avons cherché par des voies fort differentes , s'accordoit ensemble comme il falloit. Ce qui se trouve ainsi : car la construction pour la ligne du jet, qu'il donne dans la Propos. 4 du 2 Livre, quoyque tout autre que la miene & plus difficile , produit pourtant la mesme courbe , comme cela se peut prouver par demonstration.

En examinant ce qui arrive dans la vraye hypothese de la Resistance , qui est en raison double de la Vitesse , j'avois seulement déterminé ce cas particulier, d'un corps jetté en haut avec sa vitesse Terminale, sçavoir que le temps de toute son elevation en l'air, est au temps qu'il emploieroit à monter jusqu'où

il peut fans resistance , comme le Cercle au Quarré qui luy est circonscrit. Et que la hauteur du premier jet est à la hauteur de l'autre , comme l'espace entre une Hyperbole & son asymptote, terminé par deux paralleles à l'autre asymptote qui soient en raison de 2 à 1 , au rectangle où parallelogramme de la mesme Hyperbole. C'est-à-dire, comme, dans la figure suivante, l'espace $A M D K$ au quarré $A C$. Je n'avois point recherché les autres cas , qui sont compris universellement dans la Prop. 9, du 2 Livre de Mr. Newton , qui est tresbelle : & ce qui m'en empêcha, ce fut que je ne trouvois point , par la voie que je suivois, la mesure des descentes des corps , si non en supposant la quadrature de certaine Ligne courbe , que je ne sçavois pas qu'elle dependoit de la quadrature de l'Hyperbole. Je reduisis la dimension de l'espace de cette courbe, à une Progression infinie , $a + \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 + \frac{1}{7} a^7$ &c. Ne sçachant pas que la mesme progression donnoit aussi la mesure du secteur Hyperbolique : ce que j'ay vu depuis , en comparant la demonstration de Mr. Newton avec ce que j'avois trouvé.

Mais par ce que cette Progression, pour la mesure de l'Hyperbole, n'a pas encore esté remarquée que je sçache , je veux expliquer icy comment elle y sert. Soit $A B$ une Hyperbole, dont les asymptotes DC , CE , fassent un angle droit. le demi axe soit CA , perpendiculaire à DAE qui touche l'Hyperbole; & que ACB soit un Secteur, la ligne CB coupant AD en F . Si on prend maintenant AC ou AD pour l'unité, & que AF soit nommée a , qui est une fraction moindre que l'unité, quand AF , AD sont commensurables; je dis que, comme la somme de la Progression infinie $a + \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 + \frac{1}{7} a^7$, &c. à 1, ainsi sera le Secteur ACB au triangle ACD . Ou si on mene les perpendiculaires AK , BL sur l'asymptote, on peut dire la mesme chose de l'espace $ABLK$, qui est egal à ce Secteur, comme on voit aisement par l'égalité des triangles CAK , CBL . De forte que cette Progression

gression pour l'Hyperbole, répond à celle qu'à donné Mr.



Leibnits pour le Cercle. par laquelle, si le Secteur du Cercle est ACG , ayant pour rayon AC , & que CG coupe AE en H ; AH estant nommée a , & AE égale à 1 ; la somme de la Progression $a - \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 - \frac{1}{7} a^7$ &c. est à 1 , comme le Secteur ACG au triangle ACE , ou comme l'arc AG à la droite AE .

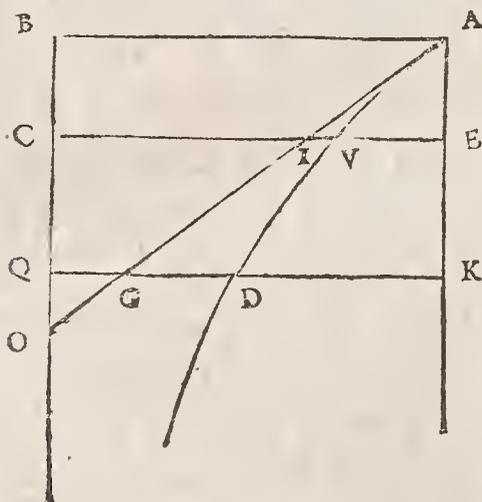
Pour ce qui est de la ligne du jet oblique; s'il suffisoit, dans cette maniere de resistance, de connoitre le mouvement horizontal & le vertical d'un corps, pour en composer le mouvement oblique, ainsi que dans la premiere hypothese, il y auroit moyen de determiner des points par où cette ligne doit passer: & la mesme ligne Logarithmique y seroit utile, estant tournée en sorte que son asymptote fust parallele à l'horizon; & elle mesme seroit derechef la courbe du jet, dans le cas ou j'ay dit qu'elle seroit auparavant. Mais cette composition de mouvement n'ayant point lieu icy; parce que la diminution du mouvement retardé, dans la diagonale d'un rectangle, n'est pas proportionnelle aux diminutions par les costez; il est extrêmement difficile, si non du tout impossible, de résoudre ce Probleme.

Le mouvement horizontal estant considéré à part, comme d'une boule qui rouleroit sur un plancher uni, à cela de remarquable icy, qu'il doit aller loin à l'infini, non-obstant la resistance

du milieu, au lieu que, quand la resistance est comme la vitesse, il est borné, & n'atteint jamais un certain terme. Et cette infinité se prouve aisement par la Propos. 5. du 2 Livre du Traité de Mr. Newton, parce que l'espace compris entre l'Hyperbole & ses asymptotes est de grandeur infinie.

Les propriétés de la ligne Logistique, que j'ay promis de rapporter, & dont quelques unes ont servi à trouver ce que j'ay remarqué touchant les mouvemens à travers l'air, sont les suivantes; outre la première, que j'ay déjà indiquée, de la proportionalité des ordonnées à l'asymptote, quand elles sont également distantes, par laquelle on trouve des points dans cette ligne.

1. Que les espaces compris entre deux ordonnées à l'asymptote, sont entre eux comme les différences de ces ordonnées.



Ainsi dans cette figure, où AVD est la Logistique, BO son asymptote, & les ordonnées AB , VC , DQ ; dont ces dernières, étant continuées, rencontrent AK , parallèle à l'asymptote, en E , K ; les espaces $ABCV$, $ABQD$ sont entre eux comme les droites EV , KD .

2. Que les mêmes choses étant posées, & AO étant la tangente au point A , laquelle coupe CE , QK , en I & G ; les espaces AVE , ADK sont entre eux comme les droites VI , DG .

3. Que l'espace compris entre deux ordonnées, est à l'espace infini, qui, depuis la moindre de ces ordonnées, s'étend entre la Logistique & son asymptote, comme la différence

des

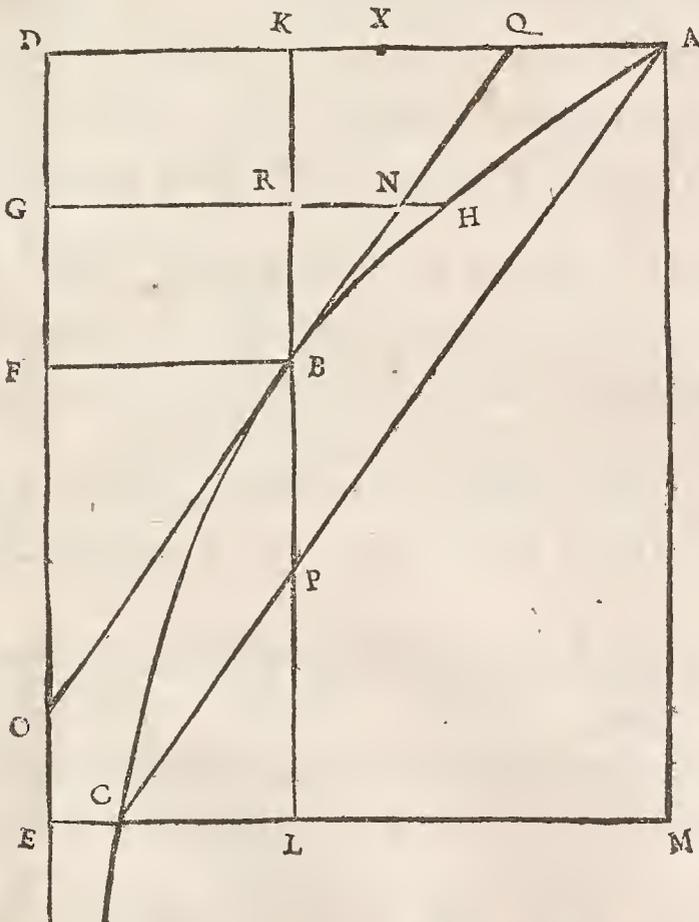
des mesmes ordonnées est à la moindre. Quand je dis que l'espace infini à une certaine raison à un espace fini, cela signifie qu'il approche si près de la grandeur d'un espace donné, qui à cette proportion à l'espace fini, que la difference peut devenir moindre qu'aucun espace donné. Dans la figure precedente l'espace $A B Q D$ est à l'espace infini, qui depuis $D Q$ s'étend entre la courbe & l'asymptote, comme $K D$ à $D Q$.

4. Que la Soutangente, comme $B O$ dans la mesme figure, est toujours d'une mesme longueur, à quelque point de la Logistique que la tangente appartiene.

5. Que cette longueur se trouve par approximation, & qu'elle est à la partie de l'asymptote, comprise entre les ordonnées de là raison double, comme 43429

4481903251804 à 301039995663981195; ou, bien pres, comme 13 à 9.

6. Que s'il y a trois ordonnées, comme dans cette figure sont $A D, H G, B F$, & que du point de la courbe, appartenant à la moindre, on mene une parallele à l'asymptote qui coupe les deux autres ordonnées en R & K , & une tangente $B Q$ qui les



coupe en N & Q ; les espaces trilignes $A B K, H B R$ sont entre eux, comme les parties des ordonnées entre la courbe & la tangente, sçavoir comme $A Q, H N$.

7. Que l'espace infini entre une ordonnée, la Logistique, & son asymptote, du costé que ces deux dernieres vont en s'approchant, est double du triangle que font l'ordonnée, la tangente menée du mesme point que l'ordonnée, & la soutangente. Ainsi, dans la mesme figure, l'espace infini, depuis l'ordonnée $B F$, est double du triangle $B F O$.

8. Que l'espace, compris entre deux ordonnées, est égal au rectangle de la soutangente & de la difference des mesmes ordonnées. Ainsi, dans la mesme figure, l'espace $A D F B$ est égal au rectangle de la soutangente $F O$ & de $K A$.

9. Que le solide que fait l'espace infini depuis une ordonnée, en tournant autour de l'asymptote, est sesquialtere du Cone, dont la hauteur est egale à la soutangente, & le demidiametre de la base égal à la mesme ordonnée. Ainsi le solide que fait l'espace infini $B F O C$, en tournant autour de $F O$, est sesquialtere du cone que fait le triangle $B F O$, en tournant autour de la mesme $F O$.

10. Que le solide produit par le mesme espace infini, en tournant autour de l'ordonnée $B F$, depuis laquelle il commence, est sextuple du cone que fait le triangle $B F O$, par sa conversion sur $B F$. De laquelle mesure des solides il s'ensuit;

11. Que le centre de gravité de l'espace infini, depuis une ordonnée, est distant de cette ordonnée, de la longueur de la soutangente.

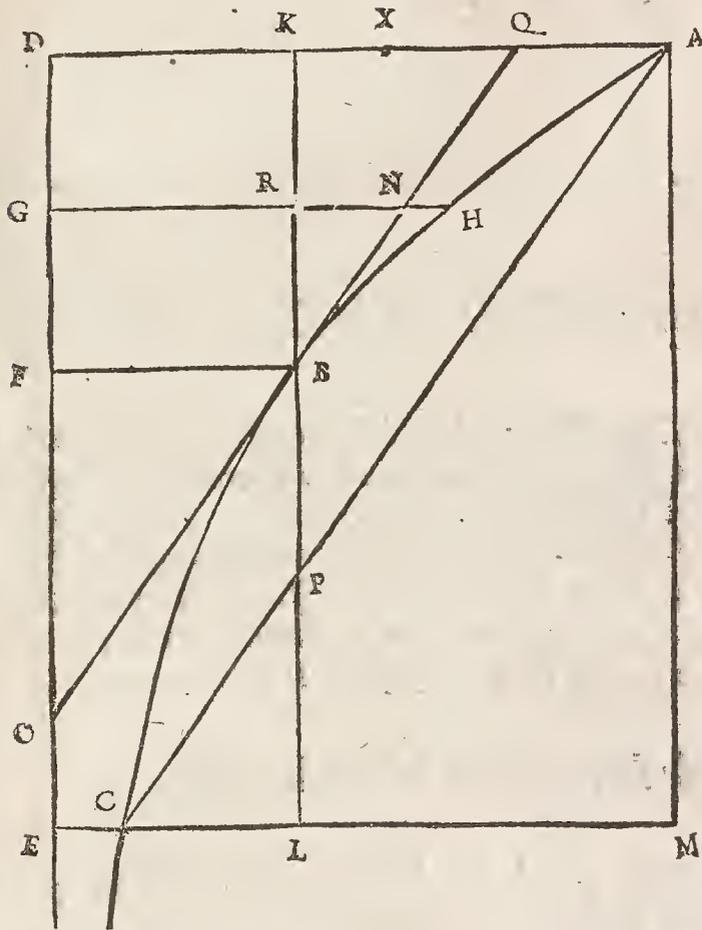
12. Que ce mesme centre de gravité est distant de l'asymptote, du quart de l'ordonnée.

13. J'avois aussi trouvé que le centre de gravité du premier des dits solides infinis, est distant de sa base, de la moitié de la soutangente.

14. Et que le centre de gravité de l'autre solide est distant de sa base infinie, d'une huitieme de son axe.

15. On sçait assez que cette ligne Logistique sert à la Quadrature

drature de l'Hyperbole, depuis les demonstrations du P. Greg. de St. Vincent, touchant les espaces Hyperboliques compris entre deux ordonnées sur une des asymptotes. Et que s'il y a deux tels espaces, dont les ordonnées de l'un soient comme AD à HG dans la dernière figure, & les ordonnées de l'autre comme BF à CE ; ces espaces seront entre eux comme les lignes DG à FE .



Mais on n'a point remarqué, que je sçache, que ces mesmes espaces Hyperboliques sont au Parallélogramme de l'Hyperbole (j'appelle ainsi le parallélogramme dont les costez sont les deux ordonnées sur les asymptotes, tirées d'un mesme point de la Section) comme chacune des lignes DG , FE , à la soutangente FO . De sorte que, si le Parallélogramme de

l'Hyperbole est supposé de $0,4342944819$ parties, chaque espace Hyperbolique, compris entre deux ordonnées à une des asymptotes, sera à ce parallélogramme, comme le Logarithme de la proportion des mesmes ordonnées, c'est à-dire comme la difference des Logarithmes, des nombres qui expriment la proportion des ordonnées, au nombre $0,4342944819$; en prenant des Logarithmes de 10 caracteres outre la caractéristique.

Et

Et d'icy il est aisé de verifïer la Quadrature de l'Hyperbole que j'ay donnée dans le Traité de l'Evolution des Lignes Courbes, qui est dans mon *Horologium Oscillatorium*.

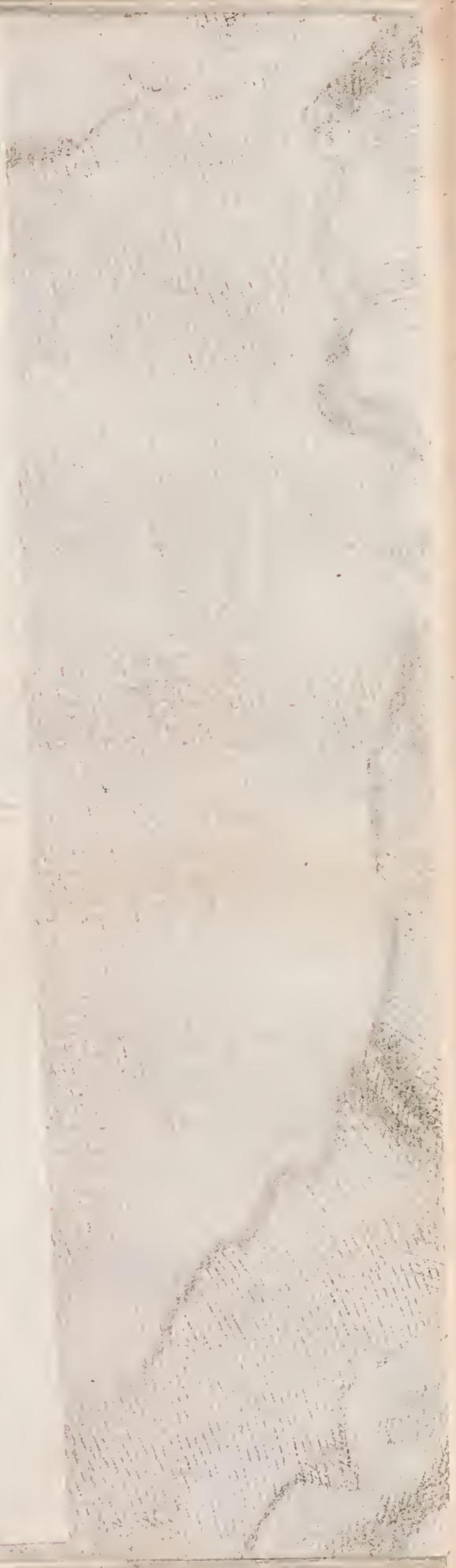
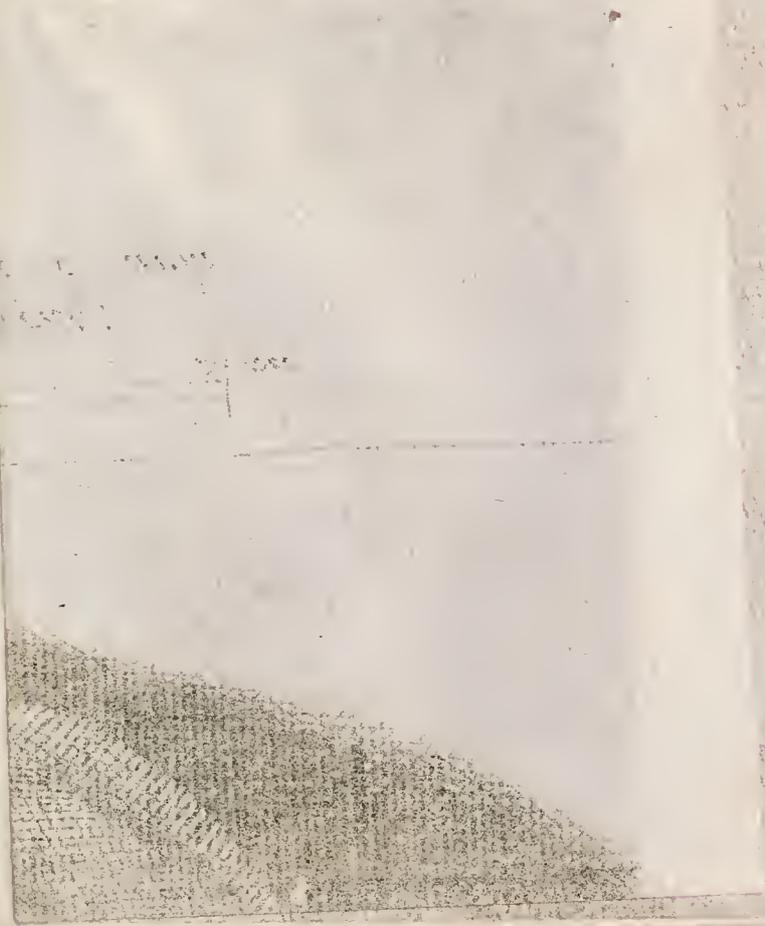
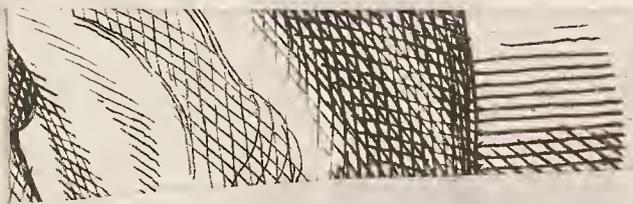
F I N.

Fautes à corriger au Traité de la Lumiere.

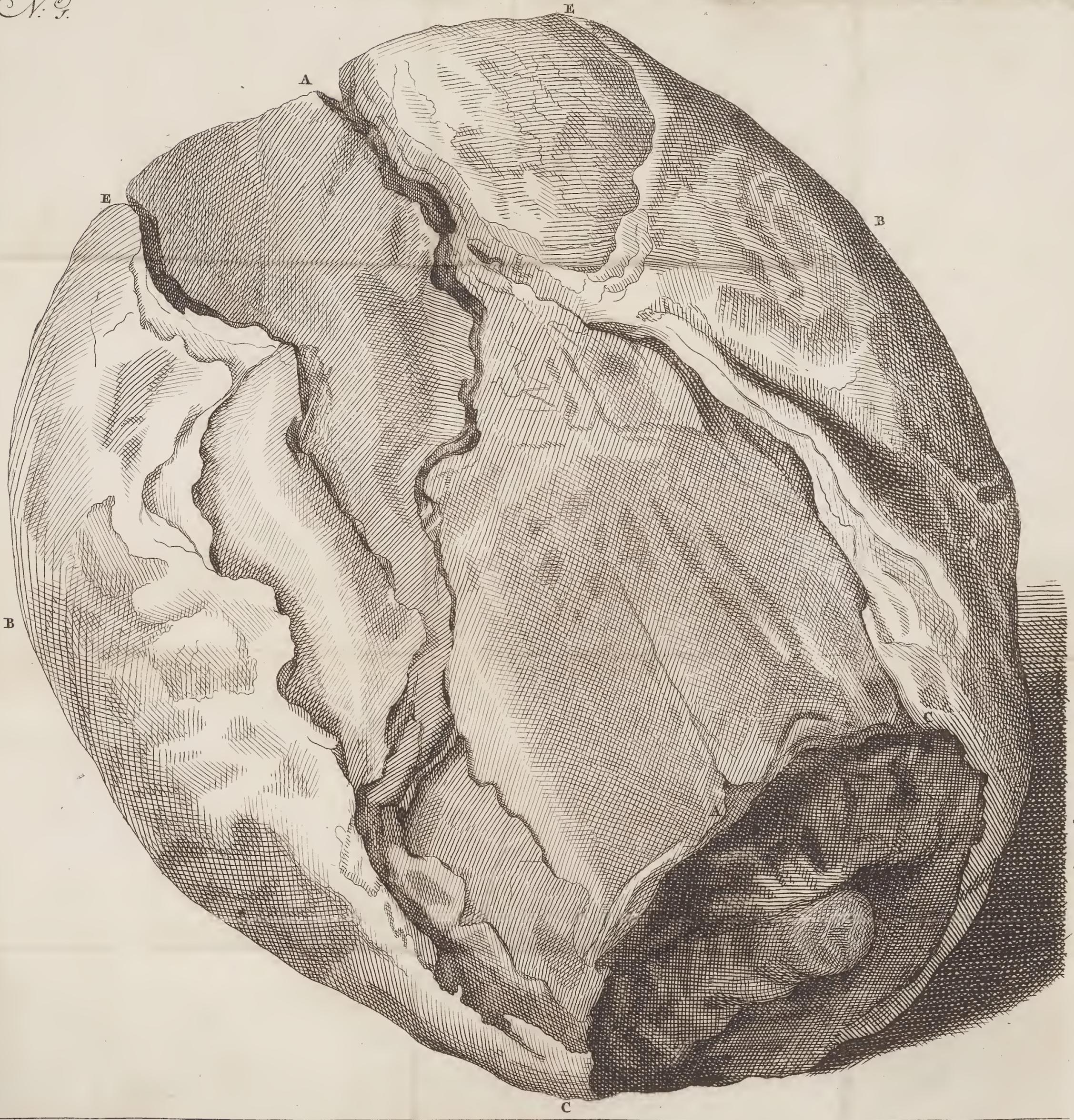
Pag. 9. l. 1. lisez estant. & l. 17. lis. ce. Pag. 19. l. 4. lis. toutefois. Pag. 20. l. 13. lis. proprietéz. Pag. 43. l. 13. lis. l'air. Pag. 59. l. 15. lis. compris. Pag. 60. l. 16. lis. posay. Pag. 63. l. 25. lis. est fort pres. Pag. 76 l. 1. 28. 29. pour rectangle, lis. parallelogramme. Pag. 80. lig. derniere, lis. proportionelle. Pag. 81. lin. 4. pour No. 53. lisez. No. 34 & 40. Pag. 97. l. 21. lis. hypotenuse. Pag. 98. l. 1. au lieu de est c h, lis. soit c h. Pag. 116. l. 2. au lieu de divise lis. dirige. Pag. 117. l. 6. lis. s'assembleront. Pag. 121. l. 13. pour D V lis. F V.

Au Discours de la cause de la Pesanteur.

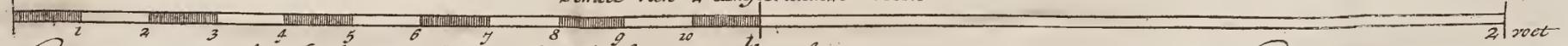
Pag. 132. l. 22. lis. je plaçay ce. Pag. 149. l. 16. lis. prouverons. Pag. 151. l. 6. d'endas, lis. la corde. Pag. 158. l. 7. d'endas, lis. dire.



N. 9.

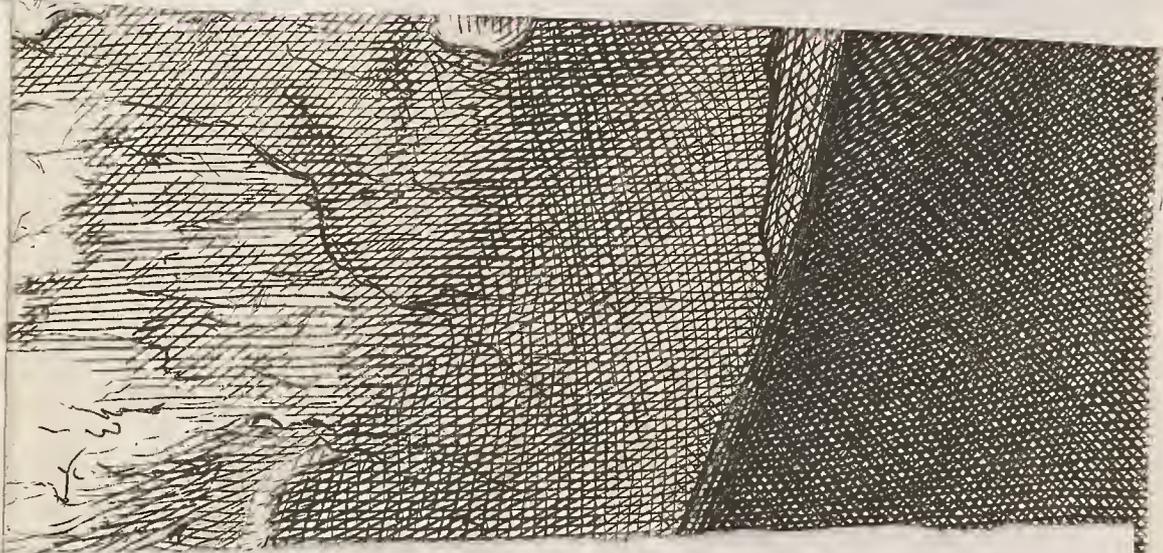


Schale van 2 Amsterdamsche voeten



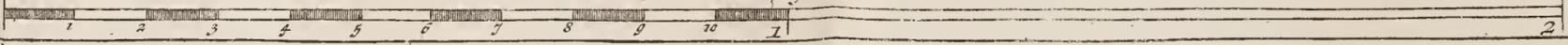
Gesigt van't Stuck Amber de Gries soo als het sig plat leggende op zyn eene zyde van boven vertoont;
 Zynde deszelfs dichte als die in't rond genomen word daar men het aanwyst met de letters E.E. 4 voet 6 duym,
 met de letters B.B. 5 voet 8 duym, en met de letters C.C. 3 voet
 ende deszelfs lengte daar het met de letters A. tot A. aangewesen wert 2 voet 2 duym,
 ende deszelfs gebede swaarte is 182 pont.







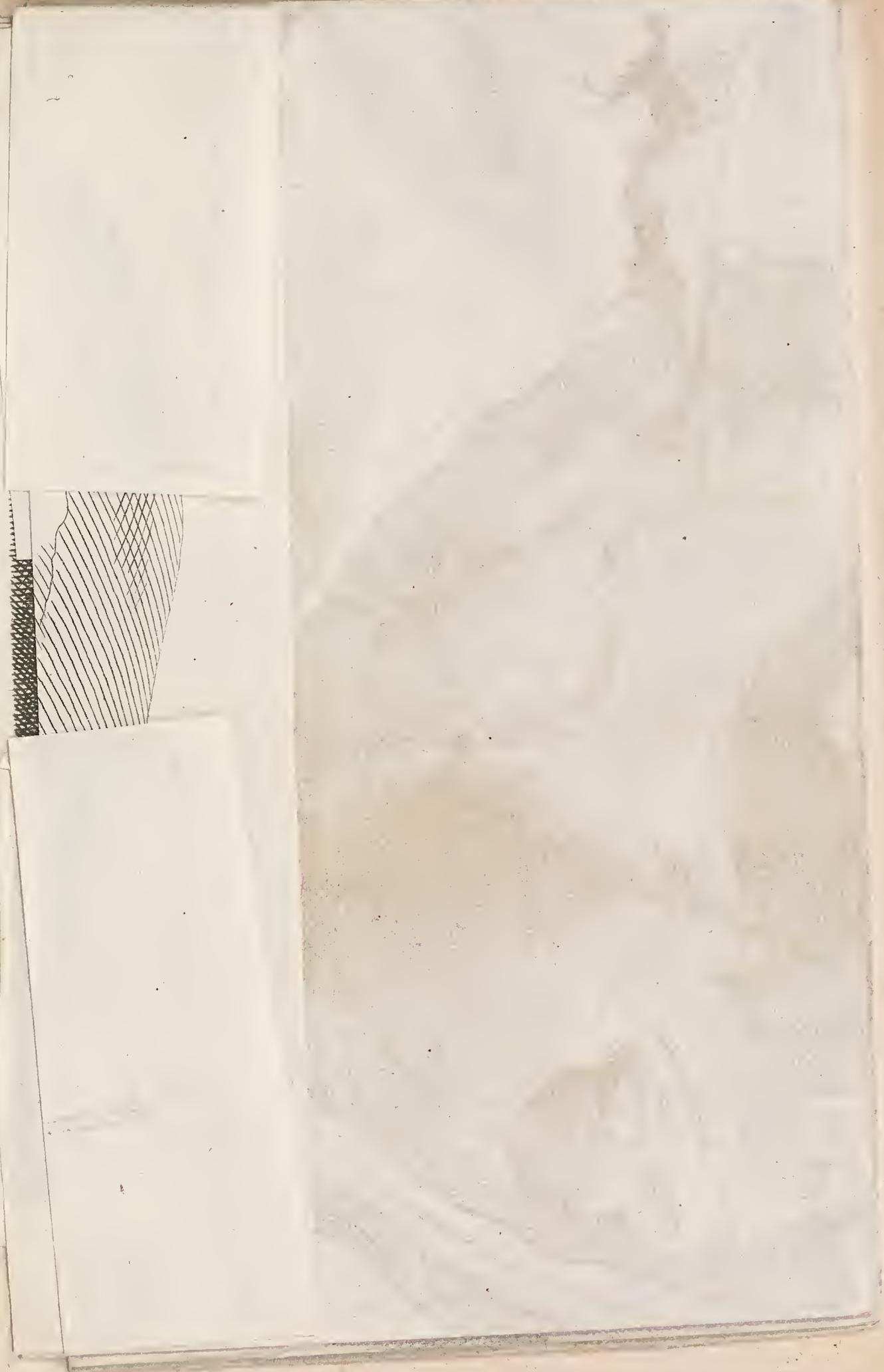
Schale van 2 Amsterdamse roeten

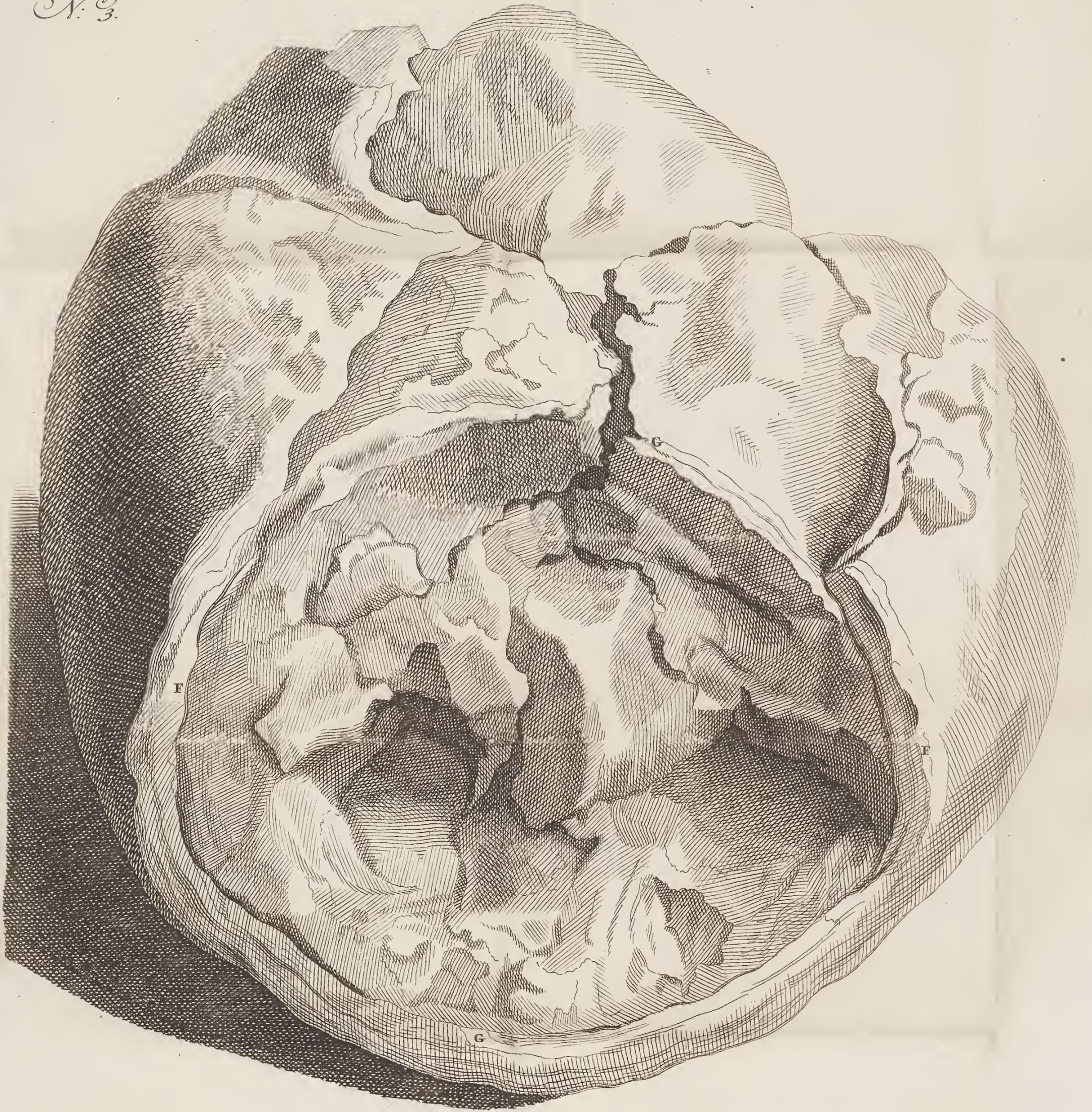


Gefigt van 't. Stuck Amber de Gries soo als het sig plat leggende op zyn andere zyde omge-
keert zynde van boren vertoont,
Zynde desselfs dichte als die in 't rond genomen word daar men het aanwyst met de letters E.E.
4 voet 6 duym.

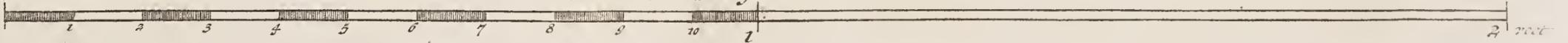
met de letters B.B. 5 voet 8 duym, en met de letters C.C. 3 voet;
ende desselfs lengte daar het met de letter D. tot D. aangewesen wort 2 voet 5 duym,
zynde desselfs gebede swaarte 182 pont.





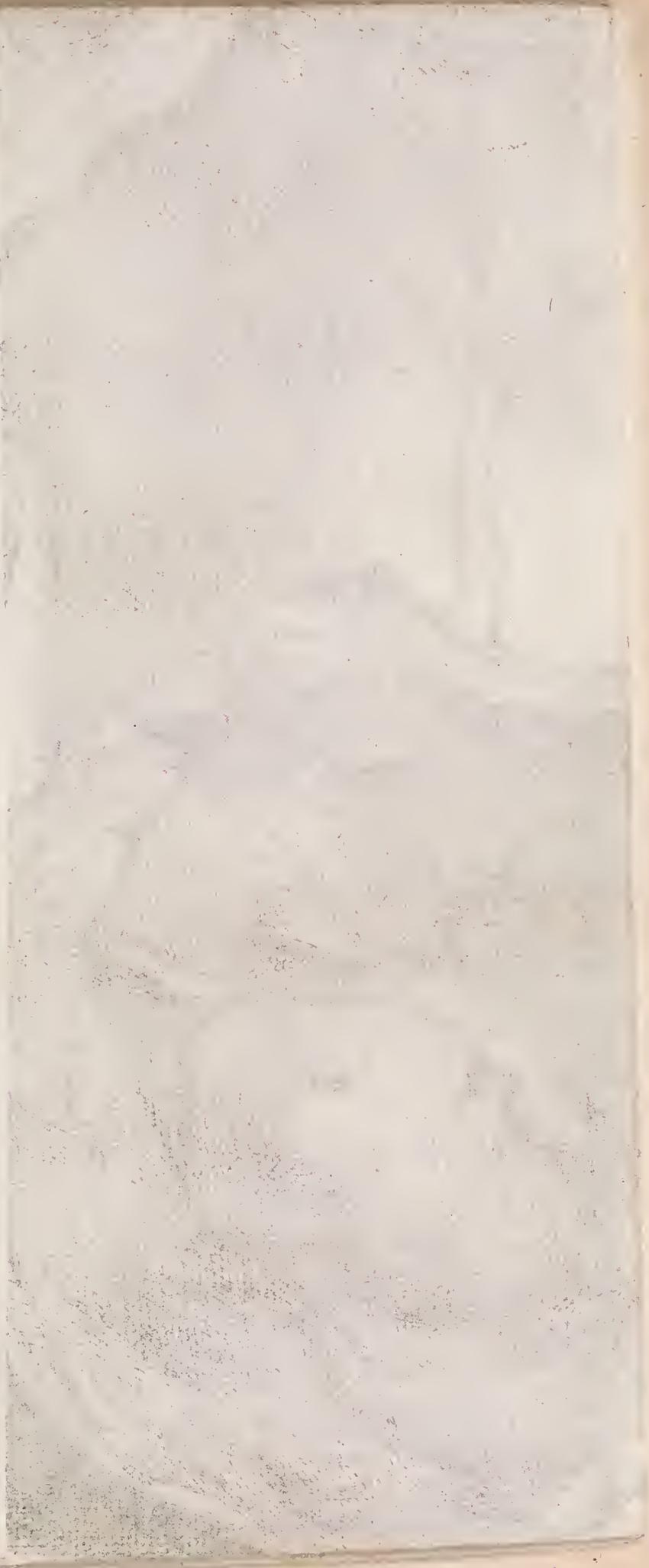
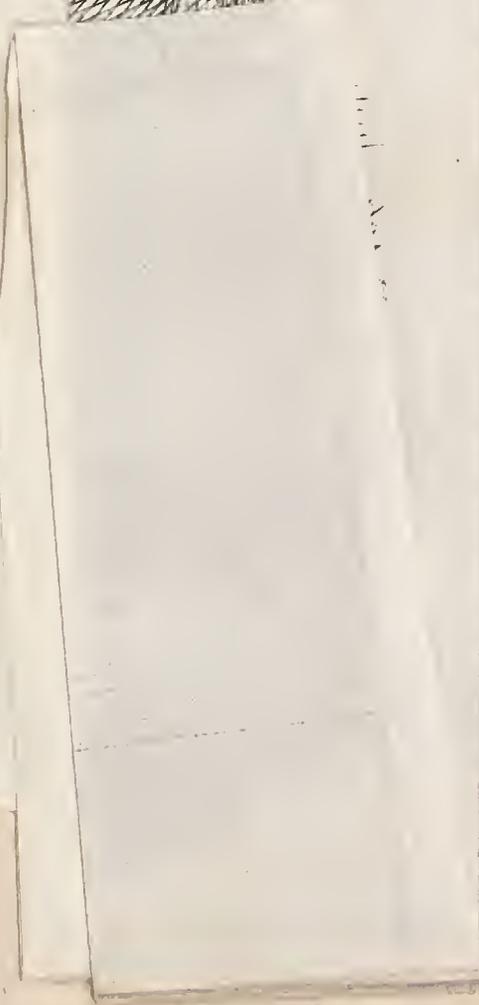
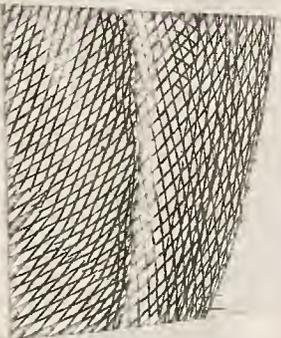
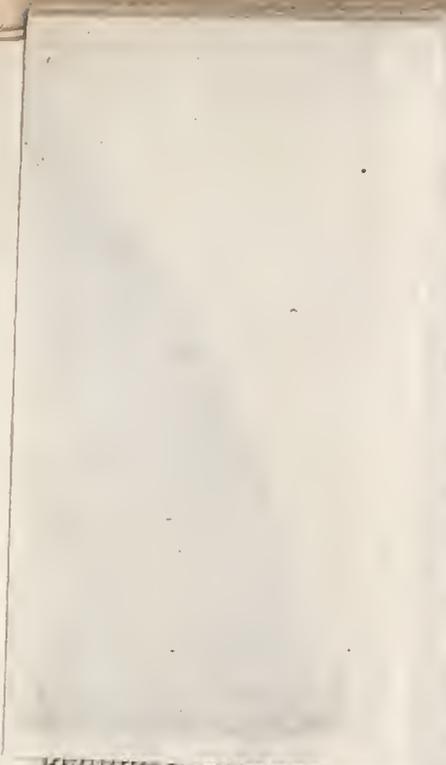


Schale van 2 Amsterdamse roeten



Gefigt van 't Stuck Amber de Gries ſoc als het ſig op zyn eene en breedſte end vertoont,
 Zynde deſelfs meeting kruys gewys van de letters F. tot F. 1 voet $5\frac{2}{7}$ duym,
 en van de letters G. tot G. 1 voet 2 duym,
 en in zyn rondte daar het geteekent is met de voor-noemde letters FF. GG. 4 voet 6 duym,
 Zynde deſelfs geheele zwaarte 182 pont.





N. 4.

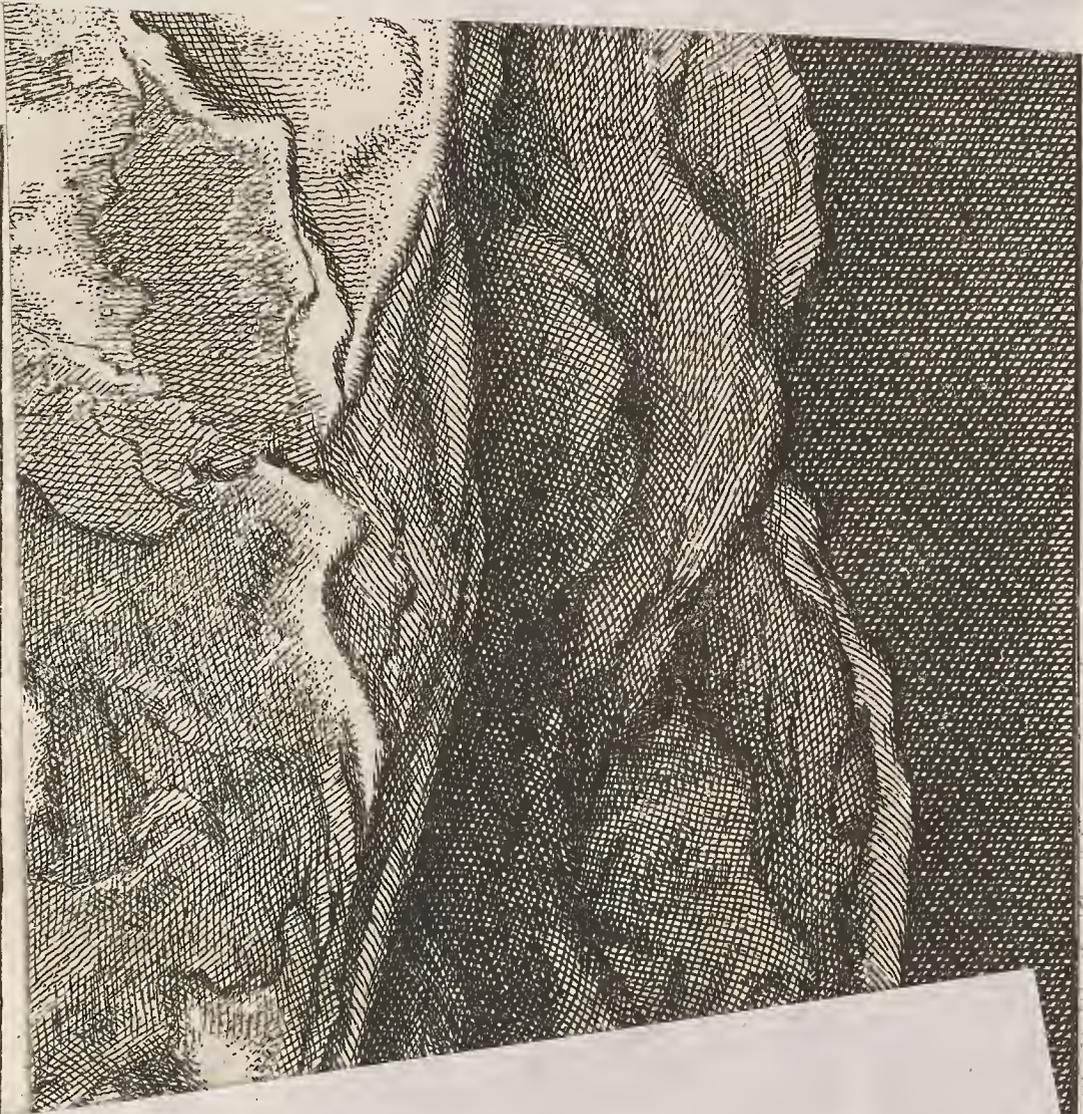


Schale van 2 Amsterdamsche voeten.

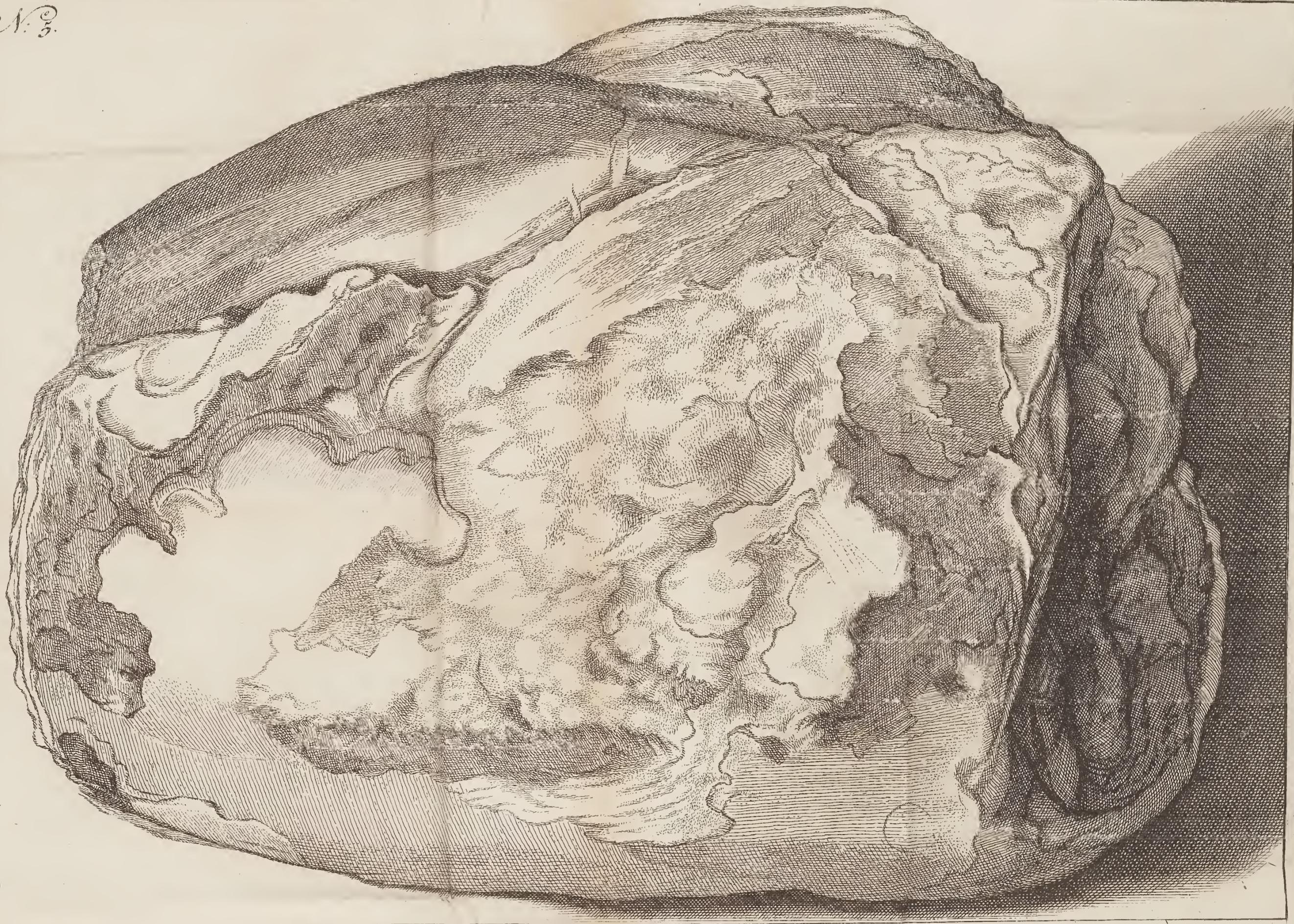


Gefigt van 't Stuck Amber de Gries soo als het sig op zyn eene en smalste end vertoont,
zynde desselfs meeting kruys gewys van de letter H. tot H. $10\frac{1}{2}$ duym,
van de letter I. tot I. $10\frac{3}{4}$ duym.
en in zyn rondte daar het geteekent is met de voor-noemde letters HH. II. 3 voet;
zynde desselfs geheele swaarte 182 pont.



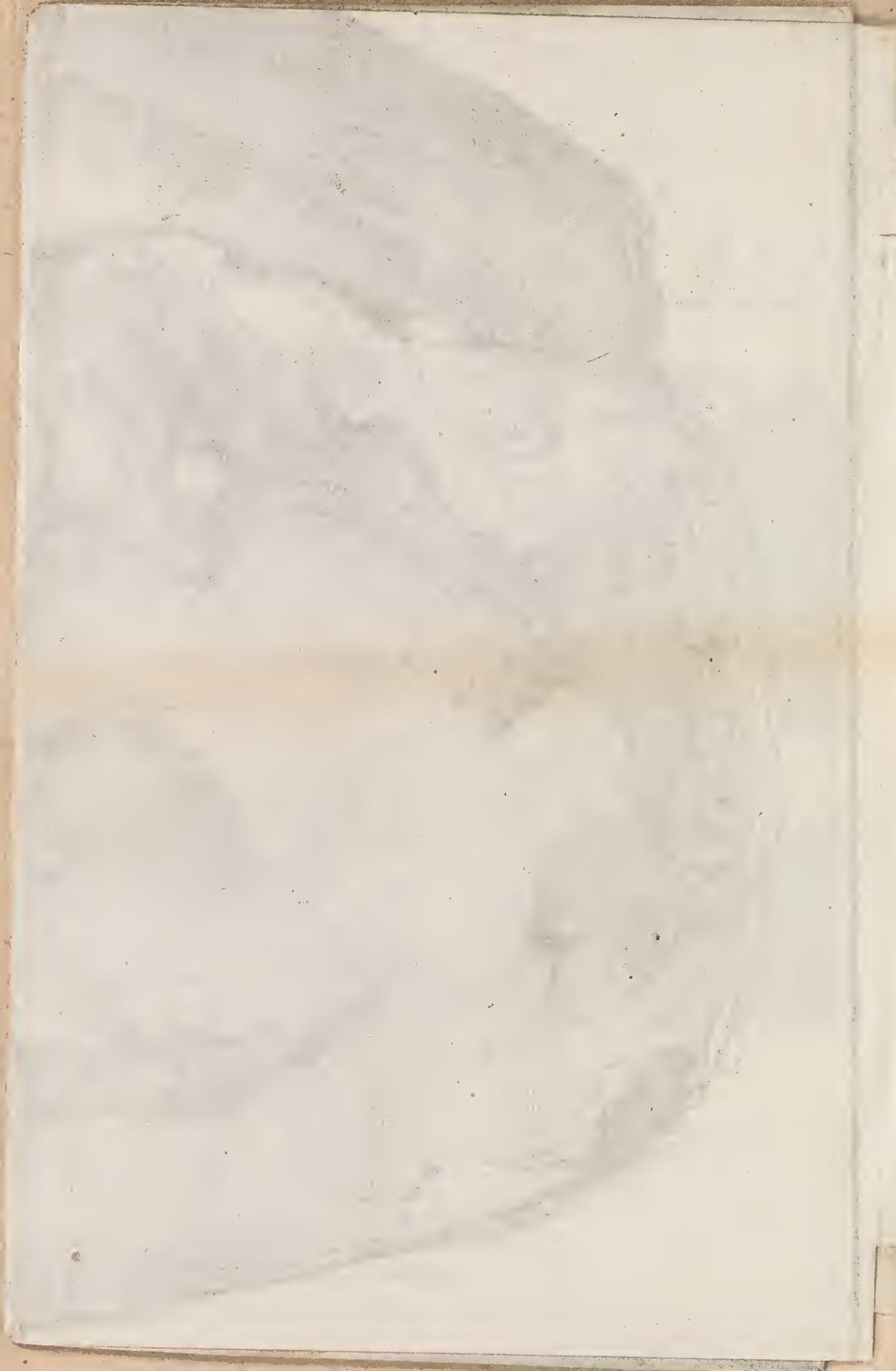


N. 3.

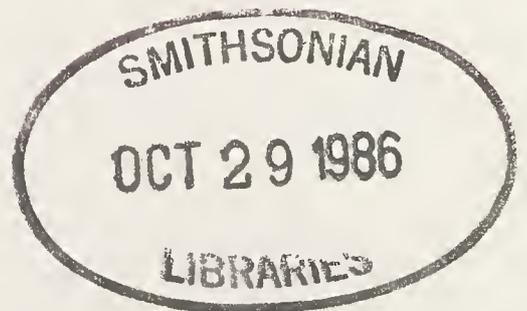


Schale van 2 Amsterdamse velden

Gefigt van 't stuk Amber de Gries, zodanig als 't sig van ter syden vertoont, synde desselfs geheele swaarte
182 pont.



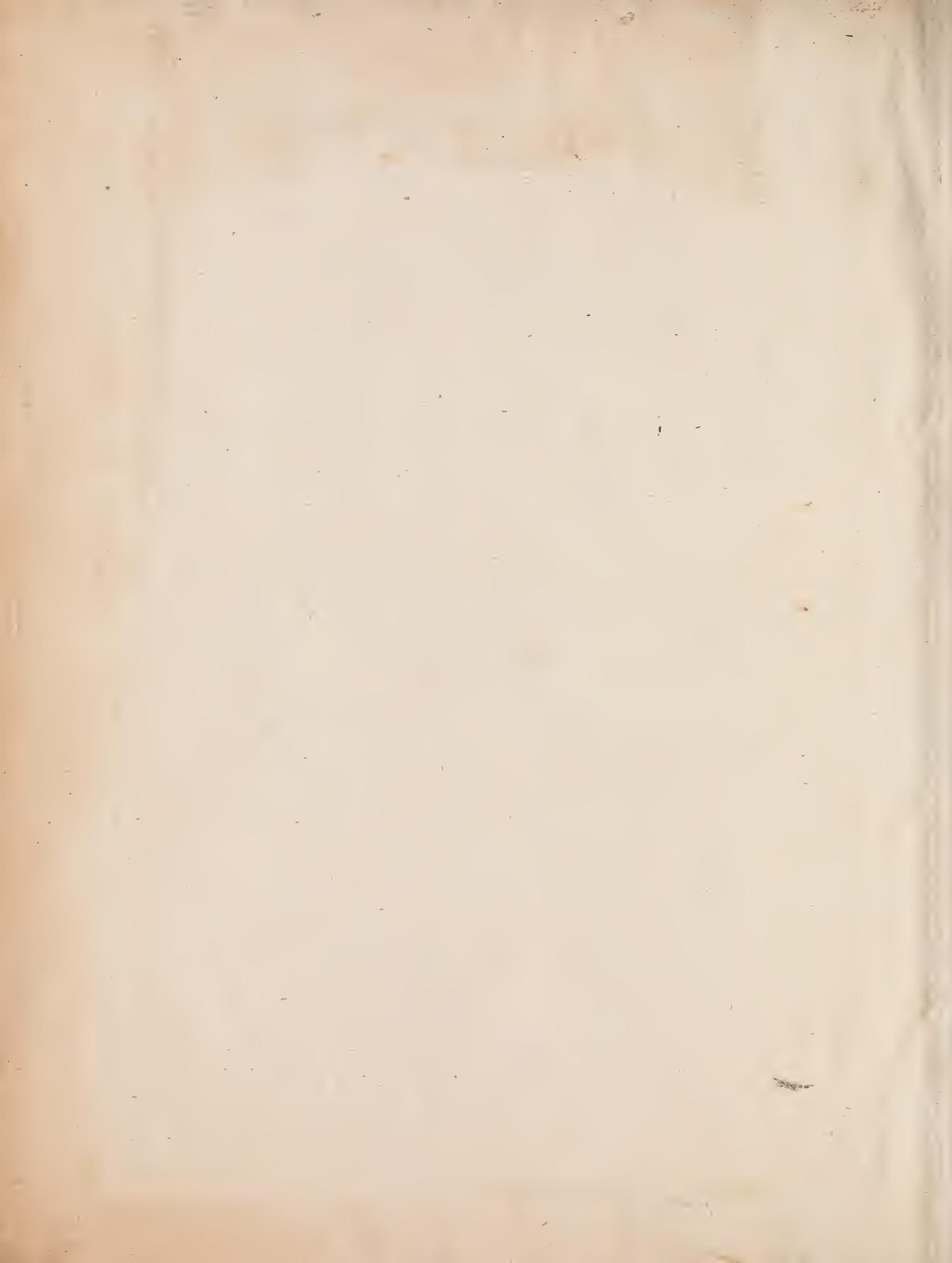
QC Huygens, C.
403 Traite de la
H98 lumiere
1690 1690
RB
NMAH



SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 00054 5160



Nu

